

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ARQUITECTURA**



**TESIS**

**MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA SOCIOECONÓMICA EN MUNICIPIOS  
METROPOLITANOS DE MÉXICO: UN ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS**

**PRESENTADA POR**

**RICARDO GARZA MENDIOLA**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN  
FILOSOFÍA CON ORIENTACIÓN EN ARQUITECTURA Y ASUNTOS URBANOS**

**MARZO, 2019**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA SOCIOECONÓMICA EN MUNICIPIOS  
METROPOLITANOS DE MÉXICO: UN ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS**

**TESIS PRESENTADA POR  
RICARDO GARZA MENDIOLA**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR  
EN FILOSOFÍA CON ORIENTACIÓN EN ARQUITECTURA Y ASUNTOS  
URBANOS**

**DIRECTOR DE TESIS  
DR. JESÚS ANTONIO TREVIÑO CANTÚ**

**SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**MARZO DE 2019**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**Los profesores abajo firmantes, miembros del comité de la presente tesis doctoral,  
certifican que han revisado el documento elaborado por:**

**Ricardo Garza Mendiola**

**Denominado: Medición de la Eficiencia Socioeconómica en Municipios  
Metropolitanos de México: un Análisis Envolvente de Datos**

**Indicando que la Tesis Doctoral es aceptada para presentarse**

---

Dr. Jesús Antonio Treviño Cantú -Director-

---

Dra. Carmen Aída Escobar Ramírez -Lectora-

---

Dr. Jesús Manuel Fitch Osuna -Cotutor-

---

Dr. Jorge Alberto Alvarado Ruíz -Lector-

---

Dr. Miguel Alejandro Flores Segovia -Lector-

## DEDICATORIA

A mis padres y esposa, quienes me han apoyado de una manera total

## AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer el apoyo financiero otorgado tanto para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), como para la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) durante el período de estudios.

A los maestros del programa doctoral, a los que estaré agradecido por sus atenciones, dedicación y su vocación de enseñanza.

En especial, al Dr. Jesús Antonio Treviño Cantú quién además de ser asesor principal de este trabajo, fue un guía excepcional en los años cursados como estudiante. Con su punto de vista y supervisión, éste trabajo presenta muchos menos errores de los muchos más que tendría sin su participación.

Además, un sincero agradecimiento a mis compañeros de pupitre. Quiénes enriquecieron, de alguna manera, mi punto de vista.

## ABSTRACT

This investigation examines the municipal efficiency and the causes that propitiate it within the municipalities that make up the Metropolitan Zones of Mexico in the year 2005. In addition to the traditional statistics, econometrics and multivariate analysis used in the development of this research, the factor is incorporated spatial, or territorial, to the framework of the analysis of efficiency; estimated by the envelope data analysis (DEA). In addition, it is intended to provide an improvement to the models for estimating efficiency that the literature reviewed, solving some problems of statistical inference, lack of some variables for some municipalities and the derivatives themselves both from the use of traditional statistics and econometrics. the spatial

The relevance of the study of efficiency highlights the fact that financial constraints faced by local governments require continuous efforts to improve performance in municipal administration and improve or maintain the level of provision of public services offered to the population

It is intended to provide an improvement to the efficiency estimation models that the reviewed literature describes, solving some problems of statistical inference, lack of some variables for some municipalities and the derivatives derived from both the use of traditional statistics and the spatial-econometrics.

The final objective is to achieve a quantitative estimate of the degree of efficiency that the different municipalities, which make up the metropolitan areas of Mexico, show. As well as, relate the said degree of efficiency, with variables that explain this advance. The theory shows that, despite the progress made in measuring efficiency at the municipal level, especially since 1990, it is still limited in the context of the level of utility and in the measurement of the performance of a municipal unit.

The 56 metropolitan areas that make up the object of this study, which group a total of three hundred and forty-five municipalities, have been selected through the existing literature on the conformation of a metropolitan area (CONAPO, 2007). At the same time, they have been selected for the availability of data; provided by INAFED ([www.inafed.gob.mx](http://www.inafed.gob.mx)).

The work is structured in three fundamental parts. The first one, the introductory part, which deals with the definition of metropolitan areas and describes their behavior in Mexico. The second part deals with the existing theoretical modeling, as well as procedures used to quantify the efficiency index, and its factors that explain this variable; using classical and spatial econometrics. Finally, the conclusions presented close the present study.

As noted, traditional and spatial econometrics techniques are applied for the selection of the model that provides a better fit. The model obtained allows the comparison of the level of efficiency with different explanatory variables. It allows, therefore, the estimation of the effects of efficiency on the degree of economic development that a municipality presents. The study ends with such an estimate for the 56 metropolitan areas of Mexico, and with the comparison of the results obtained with the predictions established by economic theory.

## RESUMEN

Esta investigación examina la eficiencia municipal y las causas que la propician dentro de las municipalidades que componen las Zonas Metropolitanas de México en el año 2005. Aunado a la tradicional estadística, econometría y análisis multivariante empleados en el desarrollo de esta investigación, se incorpora el factor espacial, o territorial, al marco del análisis de la eficiencia; estimada mediante el análisis de datos envolvente (DEA). Además, se pretende aportar una mejora a los modelos de estimación de la eficiencia que la literatura revisada describe, solventando algunos problemas de inferencia estadística, falta de algunas variables para algunos municipios y los propios derivados tanto del uso de la estadística-econometría tradicional como de la espacial.

La relevancia del estudio de la eficiencia destaca el hecho de que las restricciones financieras a las que se enfrentan los gobiernos locales requieren continuos esfuerzos por mejorar el desempeño en la administración municipal y mejorar o mantener el nivel de provisión de los servicios públicos ofrecidos a la población

Se pretende aportar una mejora a los modelos de estimación de la eficiencia que la literatura revisada describe, solventando algunos problemas de inferencia estadística, falta de algunas variables para algunos municipios y los propios derivados tanto del uso de la estadística-econometría tradicional como de la espacial.

El objetivo final es el de lograr una estimación cuantitativa en el grado de eficiencia que los distintos municipios, que componen las zonas metropolitanas de México, muestran. Así como, relacionar el dicho grado de eficiencia, con variables que expliquen dicho avance. La teoría muestra que, a pesar del avance en la medición de la eficiencia a nivel municipal sobre todo desde 1990, aún es limitada en el contexto del nivel de utilidad y en la medición del desempeño de una unidad municipal.



Las 56 zonas metropolitanas que componen el objeto de este estudio, las cuáles agrupan a un total de trescientos cuarenta y cinco municipios, han sido seleccionados por medio de la literatura existente de la conformación de una zona metropolitana (CONAPO; 2007). Al mismo tiempo, han sido seleccionadas por la disponibilidad de datos; proporcionada por el INAFED ([www.inafed.gob.mx](http://www.inafed.gob.mx)).

El trabajo se estructura en tres partes fundamentales. La primera de ellas, la parte introductoria, la cual versa sobre la definición de zonas metropolitanas y describe su comportamiento en México. La segunda parte, trata sobre el modelaje teórico existente, así como procedimientos utilizados para cuantificar índice de eficiencia, y sus factores que explican a esta variable; empleando econometría clásica y espacial. Finalmente, las conclusiones aportadas cierran el presente estudio.

Como se señaló, se aplican técnicas de econometría tradicional y espacial para la selección del modelo que proporcione un mejor ajuste. El modelo obtenido permite la puesta en relación del nivel de eficiencia con distintas variables explicativas. Permite, por tanto, la estimación de los efectos de eficiencia en el grado de desarrollo económico que una municipalidad presenta. El estudio termina con tal estimación para las 56 zonas metropolitanas de México, y con la puesta en relación de los resultados obtenidos con las predicciones establecidas por la teoría económica.

## ÍNDICE

	Página
CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problemáticas Municipales	2
1.3 Zonas Metropolitanas	4
1.4 Zonas Metropolitanas y Eficiencia	8
1.5 Objetivo	10
1.6 Estructura de Documento	11
1.7 Resumen	12
1.8 Bibliografía	12
CAPÍTULO II.- DESEMPEÑO PRESUPUESTAL	17
2.1 Introducción	17
2.2 Desarrollo Histórico	17
2.3 Composición del Gasto	23
2.4 Composición de Ingresos	25
2.5 Ingresos y Egresos Percápita	28
2.6 Resumen	31
2.7 Bibliografía	32
CAPÍTULO III.- REVISIÓN DE LITERATURA	33
3.1 Revisión de Literatura	33
3.2 Resumen	61
3.3 Bibliografía	62
CAPÍTULO IV.- MARCO METODOLÓGICO	67
4.1 Análisis de Datos Envolvente: Análisis Gráfico	67
4.1.1 Medición Orientada a los Insumos	67
4.1.2 Medición Orientada a los Productos	70
4.2 Análisis de Datos Envolvente: Análisis matemático	73
4.2.1 Formulación DEA	74
4.2.2 DEA con CRS	78
4.2.3 Excesos (Slacks)	80

4.2.4 Significado de las Ponderaciones Óptimas	81
4.2.5 DEA con VRS	82
4.2.6 Cálculo de Eficiencia a Escala	83
4.3 <i>Ventajas y desventajas de la utilización de modelos DEA</i>	85
4.4 <i>Econometría Clásica</i>	87
4.5 <i>Econometría Espacial</i>	90
4.5.1 Conceptos básicos	91
4.5.2 Medición Global y Local	93
4.6 <i>Hipótesis</i>	96
4.7 <i>Resumen</i>	97
4.8 <i>Bibliografía</i>	98
CAPÍTULO V.- DATOS, VARIABLES Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS	102
5.1 <i>Enfoque de Investigación</i>	103
5.2 <i>Datos y Fuente</i>	104
5.3 <i>Selección de Variables</i>	104
5.3.1 Análisis FA y PCA	120
5.4 <i>Aspectos técnicos previos</i>	124
5.4.1 Valores cero	124
5.4.2 Valores negativos	125
5.4.3 Orientación DEA	125
5.5 <i>Regresión</i>	128
5.6 <i>Tamaño Muestral y Número de Variables</i>	131
5.7 <i>Especificación de Modelo (Clásica y Espacial)</i>	135
5.8 <i>Estimación</i>	136
5.9 <i>Resumen</i>	138
5.10 <i>Bibliografía</i>	139
CAPÍTULO VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	149
6.1 <i>PCA</i>	149
6.2 <i>Índice de Eficiencia (DEA)</i>	152
6.3 <i>Regresión Clásica</i>	158
6.4 <i>Análisis Espacial</i>	161

6.4.1 Autocorrelación Espacial	161
6.4.2 Regresión Espacial	166
6.5 <i>Análisis y Discusión</i>	172
6.6 <i>Bibliografía</i>	174
CAPÍTULO VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	176
7.1 <i>Conclusiones Generales</i>	176
7.2 <i>Recomendaciones</i>	181
7.3 <i>Bibliografía</i>	185

## Lista de Figuras, Tablas y Cuadros

Figura 4.1	Eficiencia Técnica y Distributiva	68
Figura 4.2	Isocuanta Convexa Lineal cuasi-lineal	69
Figura 4.3	Medidas de eficiencia técnica orientada a insumos, productos y rendimientos a escala	71
Figura 4.4	Eficiencia técnica y distributiva de una Orientación de productos	71
Figura 4.5	Medida de Eficiencia y Exceso de Insumos	81
Figura 4.6	Cálculo de Economías a Escala en DEA	84
Tabla 5.1	Resumen de literatura	107
Tabla 6.1	Matriz de componentes rotados	150
Tabla 6.2	KMO y prueba de Bartlett	151
Tabla 6.3	Niveles de eficiencia municipal	154
Cuadro 1.1	Indicadores del Proceso de Metropolización 1960-2005	7
Cuadro 6.1	Información General de Regresión Espacial	168
Cuadro 6.2	Información General de Diagnósticos Espaciales	169
Cuadro 6.3	Información General de Regresión Rezago Espacial	170
Cuadro 6.4	Información General de Regresión Error Espacial	171

## Lista de Gráficas

Gráfica 1.1	ZM y Municipios 1940-2005	6
Gráfica 1.2	Dispersión de ZM 2005	8
Gráfica 2.1	Población Nacional y ZMM	18
Gráfica 2.2	Tasa de Crecimiento Promedio Poblacional	19
Gráfica 2.3	Proporción Poblacional de ZMM	20
Gráfica 2.4	Ingresos y Egresos Brutos	21
Gráfica 2.5	Ingresos y Egresos Totales con respecto a PIB	22
Gráfica 2.6	Composición de Gasto Agregado	24
Gráfica 2.7	Composición de Ingreso Consolidado	26
Gráfica 2.8	Proporción Fuente de Ingresos	26
Gráfica 2.9	Proporción Impuestos Locales a Ingresos Totales	27
Gráfica 2.10	Proporción Impuestos Locales a PIB	28
Gráfica 2.11	Proporción Percápita Fuente de Ingresos	29
Gráfica 2.12	Ingresos por tipo de generación	30
Gráfica 2.13	Porcentaje destinado a gasto por servicios personales	31
Gráfica 6.1	Histograma de Índice de Eficiencia	153
Gráfica 6.2	Índice de Moral Global	162
Gráfica 6.3	Distribución de referencia con 999 permutaciones	163
Gráfica 6.4	Distribución de referencia con 9999 permutaciones	164
Gráfica 6.5	Mapa Espacial de Significancia	165
Gráfica 6.6	Mapa Espacial de Patrones de Eficiencia	166
Gráfica 7.1	Índice de Eficiencia	178

## CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN

### *1.1 Antecedentes*

El Gobierno Municipal es la base de la estructura de gobierno de nuestro país. En los últimos años se ha llevado a cabo un amplio proceso para su fortalecimiento, destacando las obligaciones y facultades plasmadas en la Carta Magna; el cual busca aumentar su actuación en todos los ámbitos de la vida del país.

De conformidad con el artículo 115 Constitucional, el Ayuntamiento es responsable de la provisión de los servicios públicos básicos (alumbrado público, recolección y traslado de residuos, seguridad pública y tránsito, limpieza de parques, entre otros). Para poder estar en posibilidad de cumplir con este mandato, el municipio requiere contar con recursos económicos suficientes que le permitan atender de manera oportuna a esta demanda.

Además de contar con ingresos propios, los municipios reciben recursos de la Federación como complemento de sus recursos; resultado de Convenios de Coordinación Fiscal y Colaboración Administrativa. Así, las fuentes de ingresos de los municipios se pueden resumir en cuatro vertientes: 1.- Explotación de sus bienes patrimoniales, 2.- Contribuciones que señalen las Legislaturas Locales, 3.- Derechos derivados de la prestación de servicios públicos y 4.- Recursos Federales (participaciones y aportaciones).

Es de señalar, el sistema fiscal mexicano está altamente centralizado esto debido a que si bien México es una federación en la que los tres ámbitos de gobierno poseen algún grado de autonomía, tanto en su capacidad para recaudar ingresos como en sus decisiones de gasto. En la práctica, tal autonomía ha estado tradicionalmente limitada por la concentración excesiva de funciones en el Gobierno Federal (Sobarzo Fimbres; 2004: 108).

Sin embargo, en los años 90's del siglo XX ocurrieron cambios a la carta magna que permitirá tener un mejor orden a los municipios. Entre los cambios señalados destaca la reforma municipal de 1999, mediante modificaciones al artículo 115 Constitucional, en la cual se reconoce a los municipios su carácter de gobierno y no sólo de entidad administrativa. Con este cambio, se busca una mejor gestión administrativa y del manejo financiero de cada municipio (Fenamm; 2003: 2-3, Olvera Lozano; 2005: 122-123).

### *1.2 Problemáticas Municipales*

La reforma Constitucional mencionada en el párrafo anterior, es una respuesta a tres grandes problemas que enfrentan los municipios. El primero, es lo relativo al financiamiento municipal con el cual se debe de hacer frente a las necesidades ya señaladas. El segundo, es lo concerniente al tipo de gasto público que efectúan los municipios y, la última problemática, la cual trae el objetivo principal de esta investigación, es el grado de eficiencia que los municipios alcanzan con este gasto, así como los factores que inciden en dicho nivel de eficiencia.

Primeramente, el financiamiento de los municipios se ha convertido en una permanente preocupación tanto para la academia como para los distintos órdenes de gobierno existentes en el país, dada la alta presión existente sobre la provisión de bienes públicos que éstos ofrecen. Esta problemática, de índole presupuestal que presentan los municipios en general, ha tomado una significativa preocupación nacional y, de acuerdo a Bahl y Linn (1992:2) dicha problemática financiera es resultado de un constante crecimiento urbano que las municipalidades han presentado. El cual derivará en una mayor atención del gobierno central, dado que el proceso de urbanización trae consigo mayores presiones en los servicios públicos y por ende en las finanzas públicas municipales.



Además, Bahl et al (1992:1) señalan que distintos estudios, aún y cuando estos pareciesen ambiguos, por la manera de estimar costos y beneficios de la urbanización, han coincidido en la existente incertidumbre de la forma cómo se enfrenta el crecimiento urbano y las correspondientes políticas para administrarlo de una manera más eficiente, así como sus relacionados problemas de provisión de servicios, contaminación, asentamientos irregulares, entre otros.

Señalan, estos mismos autores, dadas las restricciones financieras a las que están expuestos los municipios, las cuales limitan el campo de acción de los distintos órdenes de gobierno municipal, se ha desarrollado nuevas técnicas de índole administrativa y presupuestaria, las cuáles presentan un notorio enfoque de mercado. Destacando la implementación de programas de descentralización (privatización de servicios).

En lo referente a la segunda preocupación municipal, Afonso, Schuknecht y Tanzi (2003: 7) refieren a un número de estudios relativos a la estabilización, distribución y a los efectos del gasto público sobre las actividades productivas. Destacando, en la conclusión de dichos estudios, el gasto público, en su monto nominal, debe ser menor y, a su vez, se obtendrán mejores niveles de eficiencia en su uso. Sin embargo, para que esto suceda, los Gobiernos deben adoptar mejores prácticas institucionales y transferir actividades no prioritarias al sector privado; esto refuerza lo arriba establecido.

Es de señalar, el gasto público es usualmente utilizado para producir bienes y servicios públicos, construir, actualizar y dar mantenimiento a distintos tipos de infraestructura. Este último, es un factor clave en el crecimiento económico alcanzado a largo plazo (Barro, 1990: S114-S124 y Blanchard y Perotti, 1999:4-23).

Como se mencionó, existe una relevante preocupación por el financiamiento municipal, dada la creciente urbanización. Sin embargo, en los últimos años se ha traído a primer plano, por un relevante número de investigaciones (Afonso, Schuknecht y Tanzi; 2006: 7), el tema referente al uso eficiente de los recursos públicos, tercera preocupación, y que, a su vez, este desemboque en un incremento en el nivel de bienestar de la población. Dichos estudios han contribuido a establecer y enfocar el debate sobre la utilidad y eficiencia de las actividades del sector público (Afonso, Schuknecht y Tanzi; 2003: 7).

Adicionalmente, la eficiencia alcanzada por el sector público es siempre un tema que atrae interés, existiendo dos razones para esto; uno es el tamaño del agente gubernamental y el otro los servicios que provee. Del mismo modo, el problema de cuantificar el grado de eficiencia de una entidad gubernamental tiene una relevante importancia tanto para la aplicación de investigación teórica económica como para los responsables de la política económica.

### *1.3 Zonas Metropolitanas*

Luis Unikel (1976) citado en Sedesol (2007: 9) define el concepto de ZM como: *“la extensión territorial que incluye a la unidad político-administrativa que contiene la ciudad central, y las unidades político-administrativas contiguas a ésta que tienen características urbanas, tales como sitios de trabajo o lugares de residencia de trabajadores dedicados a actividades no agrícolas y que mantienen una interrelación socioeconómica directa, constante e intensa con la ciudad central, y viceversa”*.

Garza (2007: 78-86) ha documentado las etapas de la urbanización en México. Señalando que el origen del fenómeno metropolitano en el país se da a partir de 1940 cuando

la expansión de ciudades excedió los límites de dos o más estados o municipalidades dando como resultado la formación y crecimiento de áreas metropolitanas.

Además, Garza (2010: 45) señala que el proceso de urbanización en México presenta un carácter metropolitano cuya evolución es importante analizar para profundizar en el conocimiento del tipo de estructura espacial de las actividades económicas y la población, así como en sus implicaciones para el desarrollo económico del país. Además, la prolongada crisis de los ochenta, la puesta en marcha del TLCAN en 1994, el crac de 1995, la recesión de 2000-2001, entre otros sucesos, influyeron incuestionablemente en la distribución territorial de las actividades económicas en México (Garza, 2010: 47).

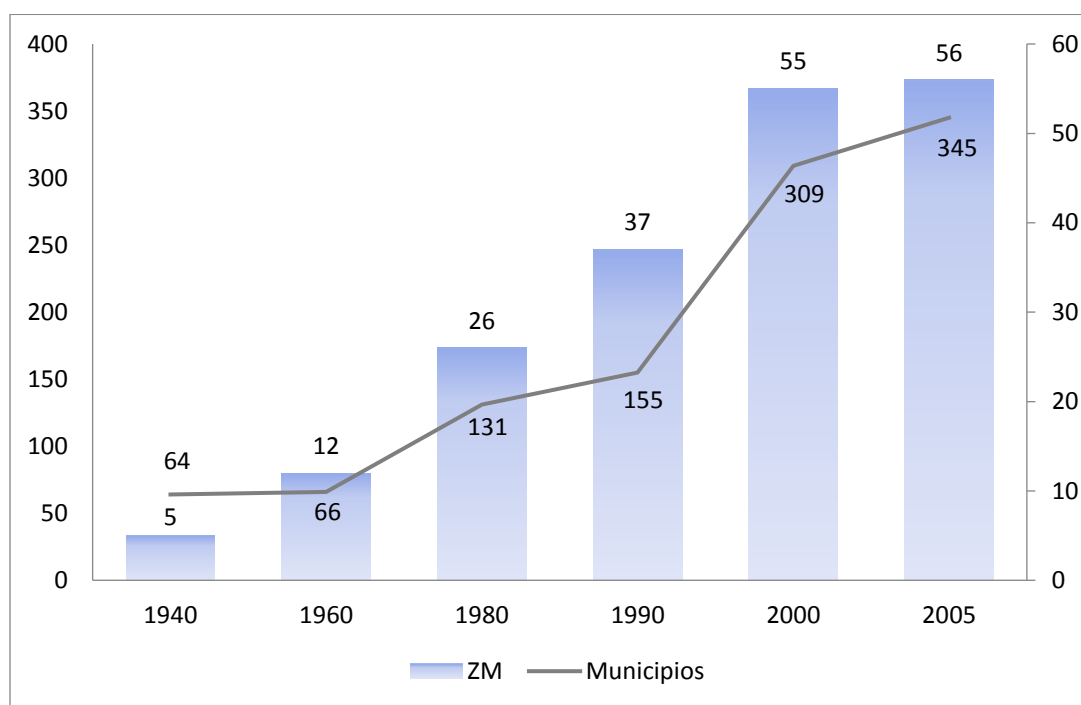
Cabe señalar, el fenómeno de la metropolización fue estimulado, en gran medida, por el desarrollo industrial, el cual se caracteriza por una significativa concentración de la fuerza laboral y la producción de manufacturas. Esta concentración, contribuyó a los movimientos migratorios rural-urbano, con lo cual dicho fenómeno comienza a dispersarse (Trejo, 2012: 5).

Dado que dichas ZM concentran porcentajes elevados de población, actividades económicas, inversiones, empleo, creación de bienes de alto valor agregado, entre otras. Éstos elementos, hacen una natural referencia para el desarrollo de análisis debido a la importancia de éstas ZM en actividades económicas, sociales y políticas.

Desde 1940 la expansión física de varias ciudades de México sobre el territorio de dos o más estados o municipios ha dado lugar a la formación y crecimiento de ZM, las cuales han jugado un papel central dentro del proceso de urbanización del país. Unikel documenta para 1940 cinco ciudades con características de ZM, conteniendo 64 municipios (Sedesol,

2007: 9). Para 1960, 1980, 1990, 2000 y 2005 se documentan 12, 26, 37, 55 y 56 ZMM con 66, 131, 155, 309 y 356 municipios; respectivamente. La gráfica 1.1 describe esta situación.

Gráfica 1.1.- ZM y Municipios 1940-2005



Fuente: Sedesol, 2007: 10

Asimismo, en 2005 el número de ZM llegó a 56. Estas 56 ZM, representan únicamente al 7% de la superficie territorial. No obstante, estas representan el 56% de la población total y 79% de la población urbana. Estas aglomeraciones metropolitanas concentran más del 75% del PIB y, por lo tanto, la mayor parte de la prosperidad económica y del crecimiento económico es originado en estos (Trejo, 2012: 5, Sedesol, 2007: 8-18). Además, las ZM tienen el potencial de incidir favorablemente en el desarrollo económico y social de sus respectivas regiones. El siguiente cuadro, cuadro 1.1, hace una descripción detallada de lo anteriormente descrito.

Cuadro 1.1.-Indicadores del Proceso de Metropolización 1960-2005

	1960	1980	1990	2000	2005
ZM	12	26	37	55	56
Delegaciones y Municipios Metropolitanos	64	131	155	309	345
Entidades Federativas	14	20	26	29	29
Población Total (millones)	9	26.1	31.5	51.5	57.9
Porcentaje de la Población Nacional	25.6	39.1	38.8	52.8	56.0
Porcentaje de la Población Urbana	66.3	71.1	67.5	77.3	78.6

Fuente: Sedesol: 2007: 10

Así, en 2005 el sistema metropolitano comprende 56 ZM, 345 municipios en 29 estados de un total de 32 (incluyendo al D.F.). La gráfica 1.2, muestra la dispersión de ZMM.

Gráfica 1.2.- Dispersión de ZM 2005



Particularmente, este estudio analiza a los municipios que componen a las ZMM. Sin embargo es de señalar, que dentro de las ZMM que concentran mayor cantidad de población destacan las ZM de Vale de México, Guadalajara, Monterrey, Puebla y Toluca.

Por otra parte, por densidad poblacional (Población/Ha) se encuentra que las ZM de Valle de México, Guadalajara, León, Cancún y Veracruz tienen la mayor densidad de las ZMM. Siendo las ZM de Minatitlán, Guaymas, Tlaxcala-Apizaco, Tula, y Río Verde-Ciudad Fernández presentan la menor densidad.

#### *1.4 Zonas Metropolitanas y Eficiencia*

La eficiencia al igual que la productividad es un concepto empleado como referencia al medir el desempeño de las unidades económicas. Estos dos términos no son sinónimos. La productividad puede ser definida como la relación entre la producción de un proceso de

producción económico y los insumos proveídos son creados en productos. Por otro lado, Farrell (1957) conceptualiza a la eficiencia económica o global en dos componentes: eficiencia técnica y eficiencia distributiva (Trejo, 2012: 1).

La primera es la habilidad para maximizar la producción de una dada combinación de insumos; esta concibe a la función de producción como una frontera de producción donde la eficiencia se distribuye en el límite mientras las situadas por debajo son consideradas ineficientes. La segunda, eficiencia distributiva, es la capacidad de los productores para combinar insumos y obtener productos de la mejor manera teniendo en cuenta los precios y productividades marginales (Trejo, 2012: 2).

Numerosos análisis han sido dirigidos al estudio de la eficiencia económica de las ciudades, metrópolis y regiones a nivel global; principalmente en Asia, Europa y EUA (Zhu, 1998; Jin, 2007; Vilardell, 1988; Herrera y Málaga, 2007; De Borger, Kerstens, Moesen, and J. Vanneste, 1994; Afonso y Fernandes, 2008; entre otros).

Por su parte, Trejo (2012: 4), señala que existen varios estudios de competitividad y productividad de ciudades o estados mexicanos. No obstante, existe poca investigación empírica sobre la eficiencia técnica, y como se puede advertir existe una escasa investigación de la eficiencia económica en ciudades y áreas metropolitanas en México.

A nivel territorial el concepto de eficiencia económica se refiere a cuán cercano a un territorio particular se encuentra su nivel de producción óptima dada la dotación de tecnología y de insumos. Guo, He y Guanpeng (2011: 747) señalan que la eficiencia de recursos a nivel metropolitano también puede ser definido como la razón de la producción efectiva total al correspondiente total de los insumos bajo una cierto nivel de producción y de tecnología. El

cual es un indicador de la distribución de recursos, situación operacional y nivel administrativo de las metrópolis (Guo et al, 2011: 747).

La importancia de estudiar la eficiencia económica y su consecuente cuantificación, a nivel metropolitano, es que una alta eficiencia significa el que se presente una razonable distribución de recursos, así como una apropiada administración. Además, se presenta un desarrollo coordinado de varios aspectos urbanos y, por lo tanto, una alta competitividad (Guo et al, 2011: 747).

Por otra parte, si los argumentos teóricos relativos a la eficiencia de los diferentes sistemas económicos están sujetos a pruebas empíricas, es esencial desarrollar medidas de eficiencia. Asimismo, si la planeación económica se encuentra enfocada a ciertas áreas, es importante determinar cuánto se espera que se incremente el PIB estatal, el PIB municipal, el PIB per cápita, la productividad por trabajador y el nivel de bienestar de la población sólo por hecho de incrementar la eficiencia, sin absorber mayores recursos.

Ahora bien, un número de intentos han sido realizados para abordar este problema. Sin embargo, estos ensayos cuidadosamente miden los insumos y productos utilizados, pero fracasan en la combinación de una medida de eficiencia. Esta falla se debió particularmente a un rechazo del lado teórico en el planteamiento del problema.

### *1.5 Objetivo*

El objetivo del presente trabajo se divide en dos etapas: la primera etapa es cuantificar nivel de eficiencia de los 345 municipios que comprenden las 56 ZMM y, en una segunda etapa, establecer la relación causal que existe entre una serie de variables explicativas, como son densidad poblacional, producto interno bruto, producto per cápita, tipo de municipio,



promedio escolar, servicios domiciliarios (drenaje, agua potable), de infraestructura (red carretera), de salud (personal médico) y de seguridad pública (delitos fuero común; homicidios y robos), con el nivel de eficiencia alcanzado por un municipio de las 56 ZMM.

Así, este trabajo mide, primeramente, las disparidades de eficiencia entre los 345 municipios de las 56 ZMM para el año 2005. Este análisis incluye estimar la eficiencia técnica por medio de la técnica DEA para el año 2005 y a su vez desarrollar análisis econométrico clásico y de índole espacial. Se procederá a estimar línea de regresión por medio de MCO para el ajuste clásico.

### *1.6 Estructura de Documento*

Con este propósito, el trabajo se estructura de la siguiente manera. En el capítulo dos se presenta, una exploración a nivel histórico de los municipios de las ZMM, en donde se desarrolla análisis descriptivo de la población, ingresos e ingresos, totales y sus componentes, en estos municipios. En el capítulo tres se hace una revisión de diversos estudios que se han publicado en relación con este tema, destaca el hecho que si bien esta investigación es de índole municipal se presentan investigaciones a nivel estatal y nacional, señalando las variables utilizadas como insumos y productos, así como sus respectivos descubrimientos. Para el capítulo cuatro se presenta el modelo teórico, el cual es la base para el modelo a seguir y las hipótesis tanto general como de trabajo. En el capítulo cinco, se describe la naturaleza de los datos, la especificación de variables y los modelos que se utilizaron, además de la estimación econométrica clásica y espacial y las diferentes pruebas estadísticas que se utilizaron para elaborar las inferencias. En el capítulo seis, se presentan y discuten los resultados y hallazgos obtenidos, los cuales son retomados en el capítulo siete donde se elaboran conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

### *1.7 Resumen*

Este capítulo presenta una revisión a la reforma constitucional que ha sufrido la carta magna con el fin de mejorar la gestión administrativa y financiera de los municipios Mexicanos en general. Este trabajo se aboca en el análisis de las ZMM, por lo cual se hace primeramente una definición de ZM, así como el desarrollo que han presentado estos en el período de 1940 a 2005. Se presentan los incentivos que propician el incremento de las ZMM.

Además, se presenta la relación entre ZM y eficiencia, señalando que a nivel territorial el concepto de eficiencia económica se refiera a cuán cercano a un territorio particular se encuentra su nivel de producción óptima dada la dotación de tecnología y de insumos.

Por otra parte, se señala el objetivo de la presente investigación. Primeramente, se estima la eficiencia técnica por medio de la técnica DEA y a su vez, en una segunda etapa, se desarrolla análisis causal entre una serie de variables explicativas, esto por medio de análisis econométrico clásico y espacial.

### *1.8 Bibliografía*

Afonso, António and Sónia Fernandes (2008). “Assessing and explaining the relative efficiency of local government”. *The Journal of Socio-Economics* 37 (2008), pp. 1946-1979.

Afonso, António, Ludger Schuknecht, and Vito Tanzi (2003). Public Sector Efficiency: An International Comparison. European Central Bank. Working Paper Series. Working Paper No. 242, July 2003: 1-38.

---

(2003). Public Sector Efficiency: Evidence for New EU Member States and Emerging Markets. European Central Bank. Working Paper Series No. 581/January 2006: 1-51.

Bahl, Roy W. and Johannes F. Linn (1992). *Urban Public Finance in Developing Countries*. Published For The World Bank. Oxford University Press

Barro, Robert J. (1990). "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth". *The Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, Part 2: The Problem of Development: A Conference of the Institute for the Study of Free Enterprise Systems (Oct. 1990) pp. S103-S125.

Blanchard, Olivier and Roberto Perotti (1999). "An Empirical Characterization of the Dynamic Effects of Changes in Government Spending and Taxes on Output". *National Bureau of Economic Research*, working paper 7269, July 1999, pp. 1-31.

De Borger, B., K. Kerstens, W. Moesen, and J. Vanneste (1994). "Explaining differences in productive efficiency: An application to Belgian municipalities". *Public Choice* 80: 339-358, 1994.

Farrell, M. J. (1957). "The Measurement of Productivity Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 120, No. 3, (1957), pp. 253-290.

Federación Nacional de Municipios de México, A.C. FEBAMM (2003). Evolución de la Hacienda Municipal en México Documento para Discusión Enero de 2003

Garza, Gustavo (2007). "La urbanización metropolitana en México: normatividad y características socioeconómicas". *Papeles de Población*, vol. 13, núm. 52, abril-junio 2007, pp. 77-108. Universidad Autónoma del Estado de México, México.

\_\_\_\_\_ (2010). La transformación urbana de México, 1997-2020. En Gustavo Garza and Martha Schteingart Eds., *Los grandes problemas de México*, Vol. II Desarrollo Urbano y Regional, El Colegio de México, pp. 31-86.

Guo, Tengyun, He Shujin, and Dong Guanpeng (2011). "Metropolitan resources efficiencies, change trends and causes in China under the goal to build an international metropolis". *Journal of Geographical Sciences*, 2011, 21(4), pp. 746-756.

Herrera Catalán, Pedro y Ramiro Málaga Ortega (2007). "Indicadores de Desempeño y Capacidades de Gestión: Una Aproximación al Análisis de la Eficiencia Municipal en el

Marco del Proceso de Descentralización”. *Consortio de Investigación Económica y Social*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Economía, Lima, Perú.

Jin Lim, Dong (2007). *A Comparative Study of Performance Measurement in Korean Local Governments Using Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis*. Tesis Doctoral Published, Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Arlington. December, 2007.

Olvera Lozano, Guillermo (2005). Reformas Municipal y Agraria, expansión urbano-regional y gestión del suelo urbano en México. *Economía, Sociedad y Territorio El Colegio Mexiquense, A.C.* Vol. V, Núm. 17, 2005, 121-159.

SEDESOL, INEGI y CONAPO (2007). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2005*. Primera Edición Noviembre 2007. México, D.F.

Sobarzo Fimbres, Horacio (2004). Federalismo fiscal en México. *Economía, Sociedad y Territorio*, Dossier especial, 103-121.

Trejo Nieto, Alejandra (2012). “Economic Efficiency of the Mexican Metropolitan Regions Between 1998 and 2008”. *ESRA conference papers*, ersa12p974, European Regional Science Association 21-25<sup>th</sup> August, 2012. Bratislava, Slovakia.

Vilardell I Riera, Immaculada (1988). *El control de l'eficiencia de la gestió de les administracions municipals*. Tesis Doctoral publicada, Universitat Autònoma de Barcelona, Departament d'Economia de l'Empresa. España.

Zhu, Joe (1998). "Data envelopment analysis vs. principal component analysis: An illustrative study of economic performance of Chinese cities". *European Journal of Operational Research* 111 (1998) 50-61.

## CAPÍTULO II.- DESEMPEÑO PRESUPUESTAL

### *2.1 Introducción*

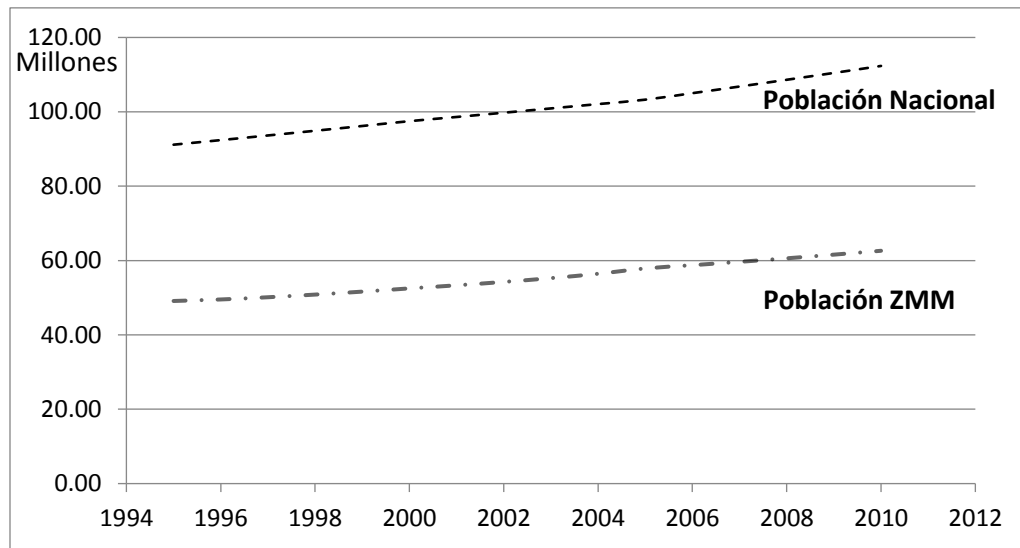
El propósito de este capítulo es proveer una introducción a la naturaleza del sector gubernamental a nivel municipal y proporcionar, de esta, una perspectiva histórica. Se hace una revisión de datos de índole poblacional y presupuestal, para esta última se contemplan a las variables ingresos y egresos tanto totales como de manera desagregadas de los municipios.

### *2.2 Desarrollo Histórico*

El desarrollo histórico del sector público en los municipios que conforman a la ZMM 2005 (Sedesol, 2007) puede ser descrito como de una representatividad significativa. Esto debido a lo que a continuación se detalla.

A nivel nacional, de acuerdo a los censos poblacionales desarrollados y emitidos por el INEGI en el período de 1995 a 2010, se encuentra una tasa de crecimiento poblacional del 23.23%. Al pasar de 91 millones 158 mil a 112 millones 336 mil habitantes; respectivamente. Por su parte, en el mismo lapso, las municipalidades incrementaron su población residente en 27.49%, en 1995 residían 49 millones 119 mil y para 2010, habitan 62 millones 620 mil habitantes. La gráfica 2.1 describe lo anteriormente señalado.

Gráfica 2.1.- Población Nacional y ZMM

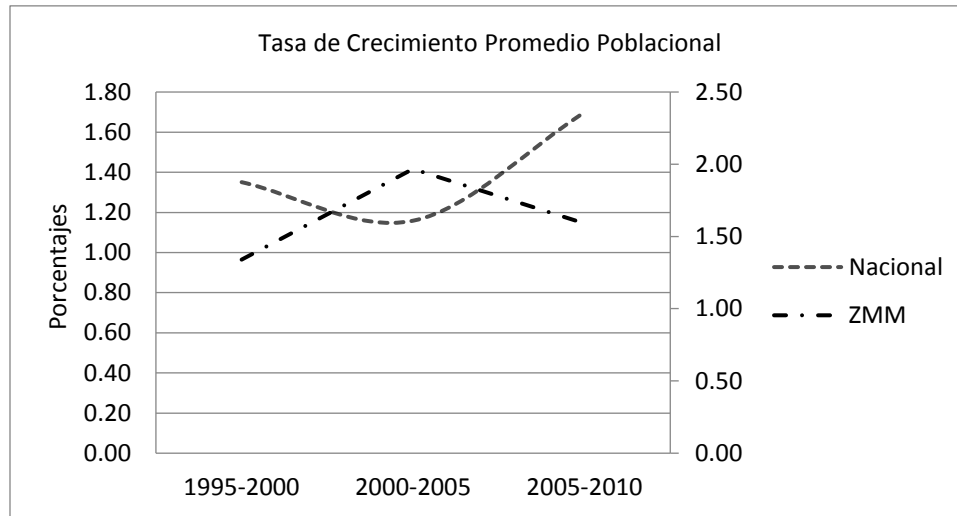


Fuente: Datos Propios con Información de Inegi

Se observa en la gráfica 1, una relación ascendente entre ambas poblaciones. Sin embargo, la tasa de crecimiento promedio poblacional obtenida por quinquenios para datos a nivel de zonas metropolitanas y para la población nacional, no se comporta de la manera descrita. La gráfica 2.2, muestra las tasas de crecimiento promedio.



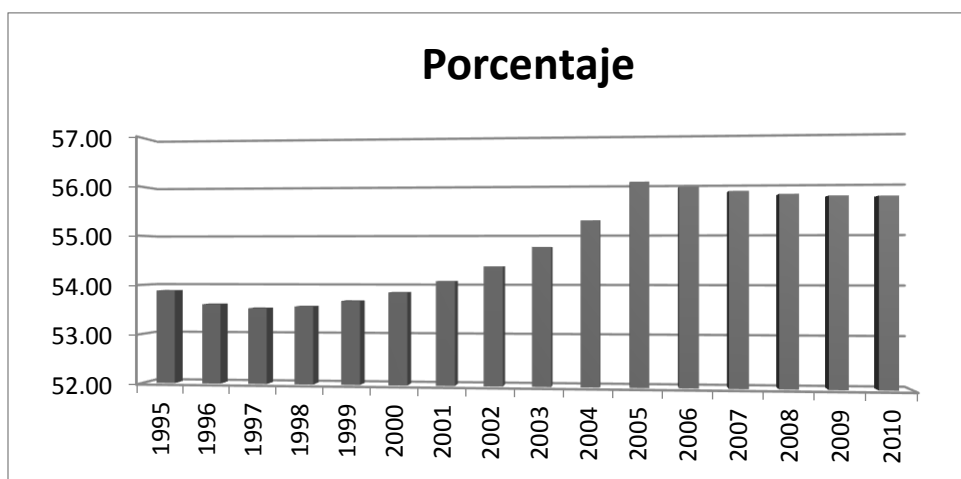
Gráfica 2.2.- Tasa de Crecimiento Promedio Poblacional



Fuente: Datos Propios, con Información de Inegi

Por otra parte, en las zonas metropolitanas residen, a lo largo de la muestra referida, un poco más del 50% de la población total del país. Es decir, uno de cada dos habitantes en la República Mexicana, habita en alguno de los 345 municipios que conforman a las 56 ZMM. La gráfica 2.3 muestra el comportamiento de la población en ZMM con respecto al total de la población Nacional.

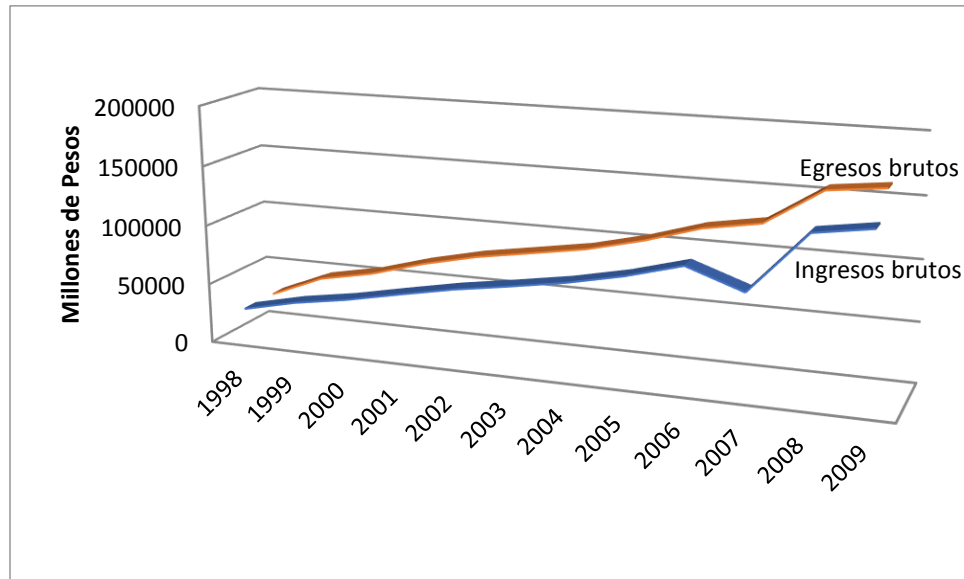
Gráfica 2.3.- Proporción Poblacional de ZMM



Fuente: Datos Propios con Información de Inegi 2005

En lo relativo al aspecto presupuestal en los municipios de las ZMM, la gráfica 2.4 muestra la conducta de ingresos y egresos brutos totales en las ZMM. Esta gráfica muestra una clara impresión de la tendencia a largo plazo. Además, surge un problema, denominado por Bahl and Linn (1992; 52, 471-472) como bache fiscal (*fiscal gap*), es decir, cuando los egresos son mayores a los ingresos que reciben los municipios.

Gráfica 2.4.- Ingresos y Egresos Brutos



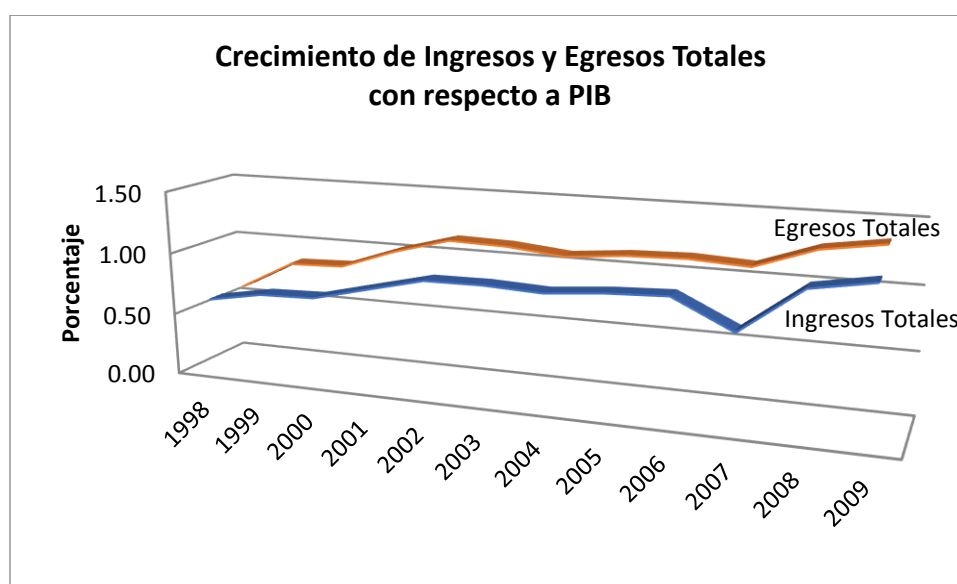
Fuente: Datos Propios con Información de Inafed

Resaltan dos observaciones: a) el nivel observado de los gastos total son mayores a los ingresos totales, b) el ritmo de crecimiento de estas variables son distintos. La tasa de crecimiento de los ingresos, en el período de 1998-2009, es de 94.21%, mientras que los egresos crecieron a una tasa del orden del 121.86% para este período.

Adicionalmente, cuando los ingresos y egresos se transforman en términos de proporción con respecto al PIB, se observa nuevamente una tendencia relativamente positiva de ambos rubros, la gráfica 5 describe esta situación. Los dos rubros inician con el mismo porcentaje para 1998, con 0.61% respecto al PIB. A partir de esta fecha, se da una diferenciación, los egresos crecen vertiginosamente hasta el año 2002, en el período de 2002 a 2007 se presenta un estancamiento, para desembocar en un incremento en los años 2008-2009.

Por su parte, los ingresos crecen a una tasa menor que los egresos, durante el período 1998-2002, en los años 2002-2006 se da un estancamiento. Una diferencia significativa con respecto a los egresos es durante el año 2007, dado que se presenta una caída en los ingresos reportados por los municipios de las ZMM. Por último, durante los años 2008-2009 se presenta un incremento en este renglón de las finanzas municipales.

Gráfica 2.5.- Ingresos y Egresos Totales con respecto a PIB



Fuente: Datos Propios con Información de Inafed

La gráfica 2.5, a partir del año 2009, sugiere que existe un grado de convergencia entre estos dos aspectos de las finanzas públicas municipales de las ZMM. Este aspecto, es justificativo para estudiar cómo debe ser la recaudación de ingresos y cómo debe de ser la distribución del gasto (Hindriks and Myles, 2006: 12-13). Es de hacer notar, que estos datos subestiman la influencia que debería tener una municipalidad en la economía. Por ejemplo, acciones regulatorias sobre aspectos laborales, medioambientales o de incentivo a ciertas

áreas de crecimiento, se encuentran fuera del ámbito de un municipio (Hindriks and Myles, 2006: 13).

### *2.3 Composición del Gasto*

Los datos históricos desplegados muestran la tendencia general que se presenta en el gasto público municipal. Esta sección analiza con más detalle la composición del gasto, en las haciendas municipales de las ZMM. El gasto es considerado desde la perspectiva de su división en categorías y su distribución a lo largo de un período de años ya descrito (1998-2009).

Cabe señalar, por gasto general agregado se refiere al gasto total de todos los órdenes de gobierno municipal. La gráfica 2.6 presenta a los gastos por componente como proporción del gasto gubernamental total. La diversidad de órdenes de gobierno municipal es amplia; doce distintas secciones de gasto municipal.

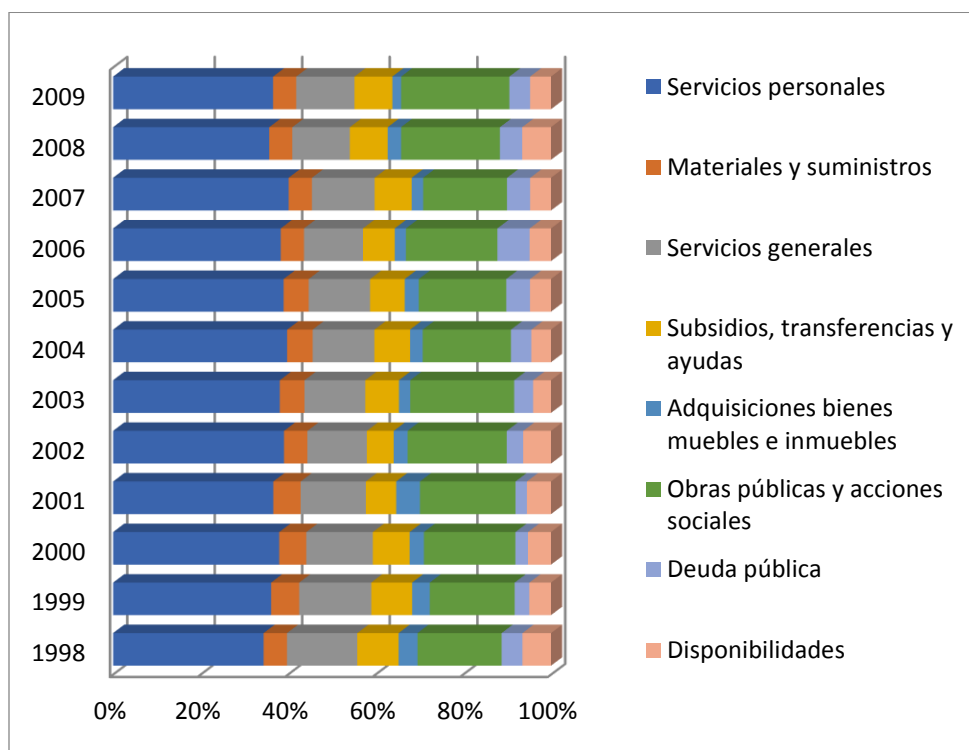
De estas secciones, las que destacan por su proporción; por grado de importancia: Servicios Personales, Obra Pública y Acciones Sociales, Servicios Generales, Materiales y Suministros y Deuda Pública.

Por medio de promedio simple, para la muestra y período referidos con anterioridad, se presenta que los servicios personales representan el 36.54% del gasto total consolidado municipal, Obras públicas y acciones sociales constituyen un 20.57%, Servicios generales componen un 13.94%, Materiales y suministros forman 5.49% y deuda pública 4.38% del gasto total.

Por otra parte, y a diferencia del orden arrojado en porcentajes de composición, la tasa de crecimiento de cada una de las secciones que conforman al gasto consolidado arrojan

que Obras Públicas y Acciones Sociales se incrementó en el período descrito en un orden de 698.29%, al pasar de \$4,932 millones de pesos en 1998 a \$39,376 millones en 2009. Lo relativo a servicios personales creció en 558.85%, de \$8,865 millones de pesos en 1998 a \$58,411 millones de pesos para 2009. El tercer rubro por nivel de crecimiento es Deuda Pública la cuál ascendió a una tasa de 515.92% para este período, en 1998 se destinaban \$1,221 millones de pesos al servicio de este apartado, para 2009 la amortización efectuada fue en un orden de \$7,526 millones de pesos.

Gráfica 2.6.- Composición de Gasto Agregado



Fuente: Datos Propios con Información de Inafed

## *2.4 Composición de Ingresos*

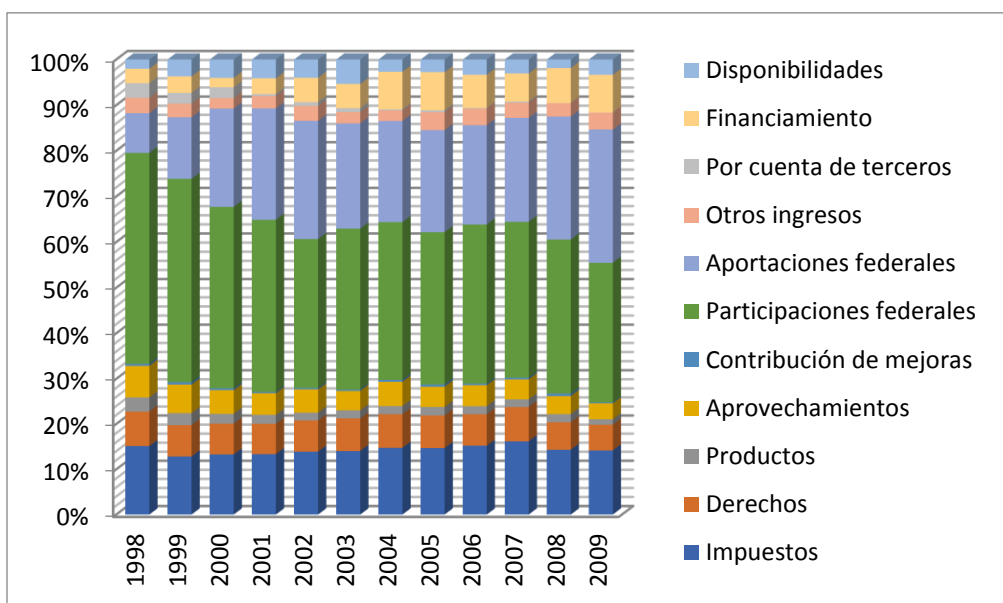
Este apartado está constituido por once rubros, dentro de los que destacan impuestos locales, principalmente compuesto por el Impuesto Predial, Productos (renta de espacios municipales), Aprovechamientos (multas) y Financiamiento, además de ingresos provenientes de la Federación (Aportaciones y Participaciones Federales).

La gráfica 2.7 describe la composición de los componentes del apartado de ingresos. Resalta, la proporción que alcanzan los ingresos de índole federal y, en menor medida, los impuestos locales y derechos. Si se desarrolla un promedio simple histórico se observa que los impuestos locales aportan el 12% del total de los ingresos que los municipios de las ZMM reciben, los derechos 5%, financiamiento 5% y las participaciones y aportaciones federales; 31% y 20% respectivamente.

En el párrafo anterior se vislumbra dos componentes principales de los ingresos que los municipios de las ZMM reciben. Por una parte, se encuentra los ingresos propios; conformado por impuestos locales, derechos, productos y aprovechamientos. Por otra parte, ingresos federales; conformados por participaciones y aportaciones federales.

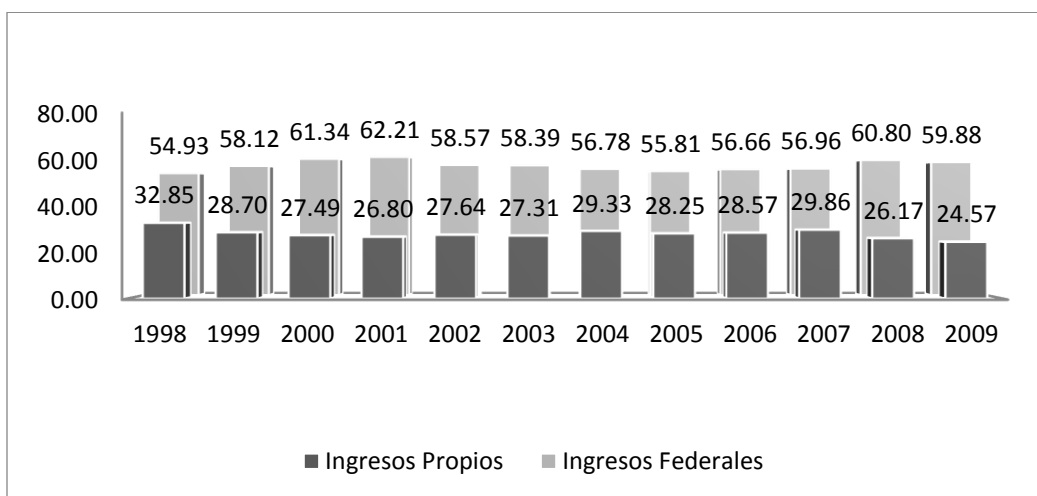
Por su parte, la gráfica 2.8, muestra la proporción que los ingresos propios y federales presentan con respecto al total de ingresos que reciben las municipalidades que conforman las ZMM de México. Se aprecia una alta dependencia de los ingresos federales, en promedio, para esta serie de tiempo, los ingresos federales han representado 58.37%, mientras que los ingresos propios únicamente constituyen 28.13%; obtenido por medio de promedio simple.

Gráfica 2.7.- Composición de Ingreso Consolidado



Fuente: Datos Propios con Información de Inafed

Gráfica 2.8.- Proporción Fuente de Ingresos



Fuente: Datos Propios con Información de Inafed

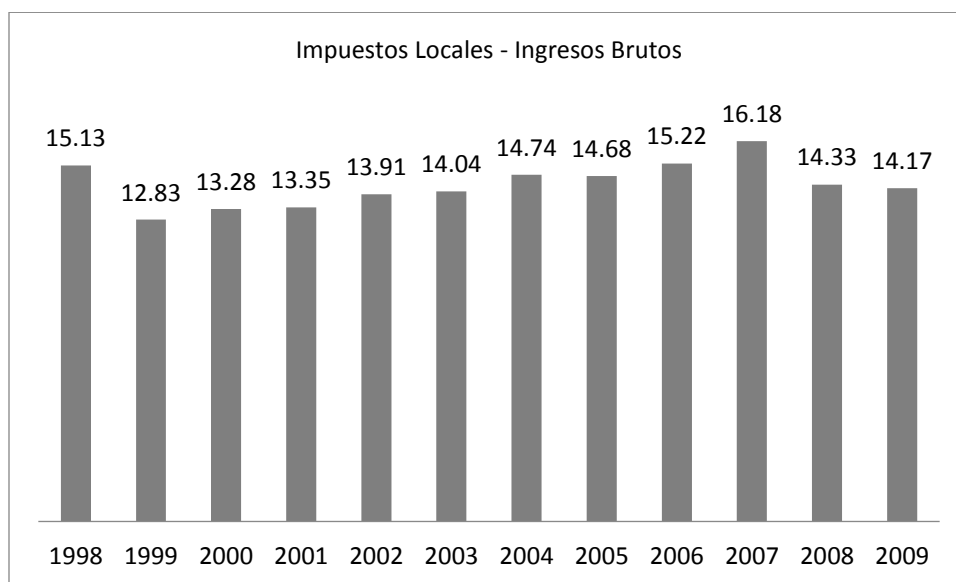
Por otra parte, la tasa de crecimiento muestra que el rubro que ha experimentado mayor incremento, en el período 1998-2009, es el rubro de aportaciones federales con una tasa de 1,645% al pasar de \$2 mil 354 millones de pesos a \$41 mil 93 millones de pesos. El segundo



componente es financiamiento con 1,260.96%, de \$854 millones 967 mil pesos a \$11 mil 635 millones. El tercer componente es el rubro de disponibilidades (disponibilidad inicial) con un incremento del orden de 761.22%. Los impuestos locales ocupan quinto lugar con una tasa de 387%.

Un aspecto de suma importancia para la actividad municipal es el bajo margen que representan los impuestos locales (principalmente impuesto predial) con respecto al total de ingresos. En esta serie de tiempo, el año que se reporta con mayor proporción es 2007 con un 16% (Gráfica 2.9).

Gráfica 2.9.- Proporción Impuestos Locales a Ingresos Totales

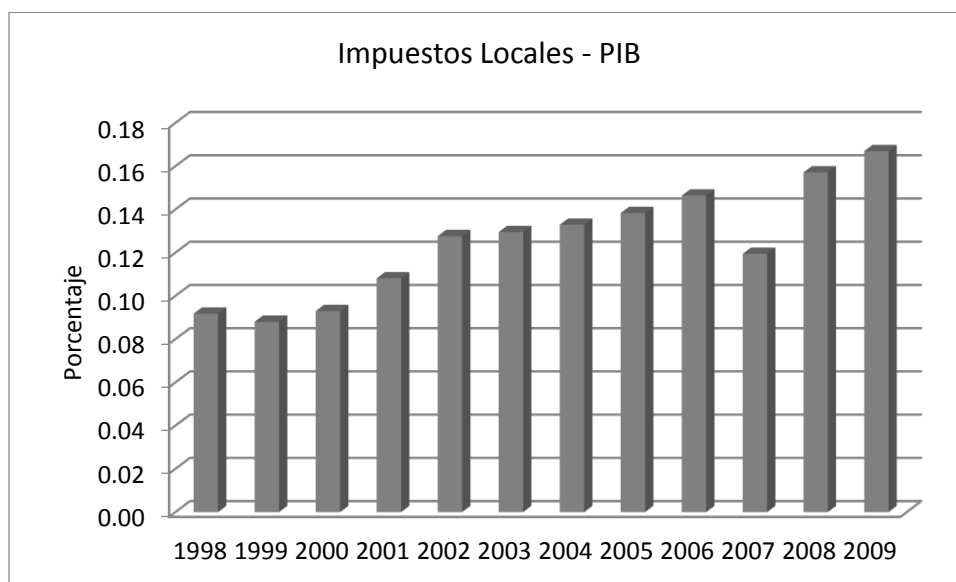


Fuente: Datos Propios con Información de Inafed

Adicionalmente, la experiencia internacional (Hindriks and Myles, 2006: 21-23) muestra que, para año 2000, la proporción de impuestos locales a PIB asciende a 12% para el Reino Unido, Canadá 11%, 10% para EUA y Japón, Francia 5% y para Alemania y Turquía

un 2%. En el caso mexicano, en el mejor año, en esta proporción, 2009; con 0.17% (Gráfico 2.10).

Gráfica 2.10.- Proporción Impuestos Locales a PIB



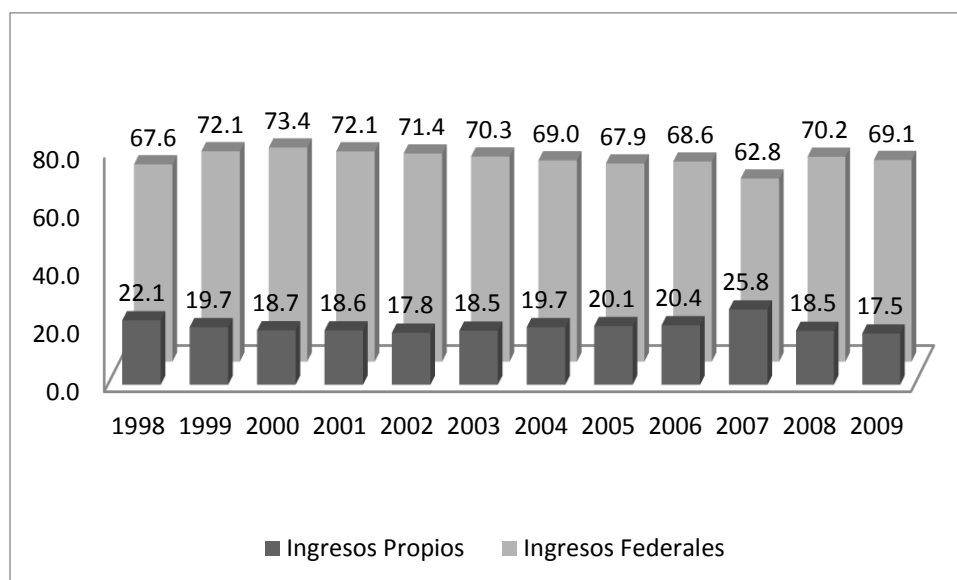
Fuente: Datos Propios con Información de Inafed

### 2.5 Ingresos y Egresos Percápita

Los anteriores puntos han descrito el comportamiento de los ingresos y egresos totales, un adicional tema es analizar la conducta tanto de los ingresos como egresos en términos per cápita. Primeramente, los ingresos, en sentido per cápita, son descritos en dos vertientes, ingresos propios e ingresos federales.

La Gráfica 2.11 muestra el porcentaje de participación que cada rubro presenta. Se observa que la dependencia municipal de recursos federales se acentúa más en este tópico con respecto a la anterior sección, ver gráfica 8.

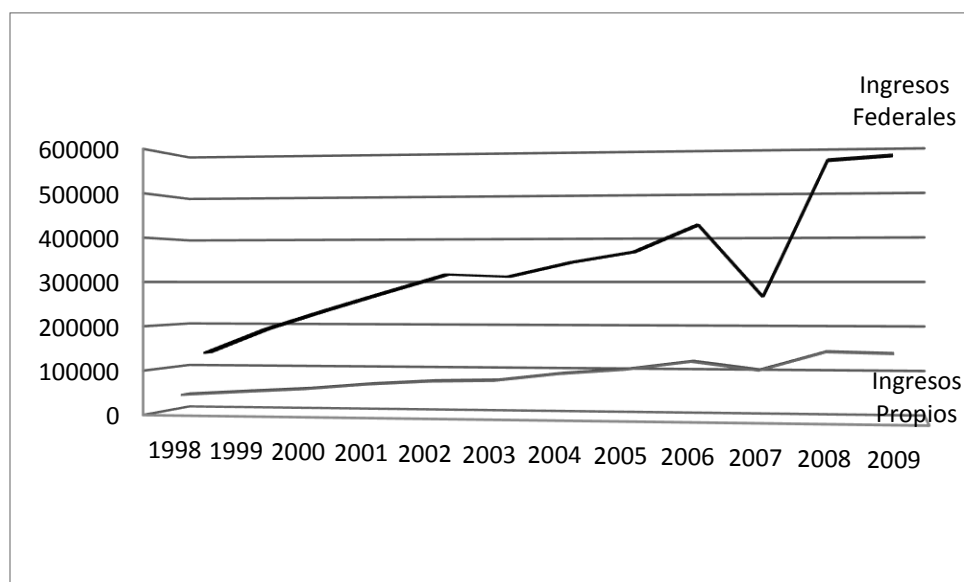
Gráfica 2.11.- Proporción Percápita Fuente de Ingresos



Fuente: Datos Propios con Información de Inafed

La gráfica 2.12 describe la serie de tiempo de ingresos propios y federales, se contemplan dos comportamientos distintos. Por una parte, los ingresos propios per cápita presentan una ligera pendiente ascendente, salvo en período de 2007 en el que decreció. Por otra, Los ingresos federales muestran una pendiente ascendente mayor, con una caída profunda en el año 2007, para en los años posteriores presentar un incremento en este rubro.

Gráfica 2.12.- Ingresos por tipo de generación

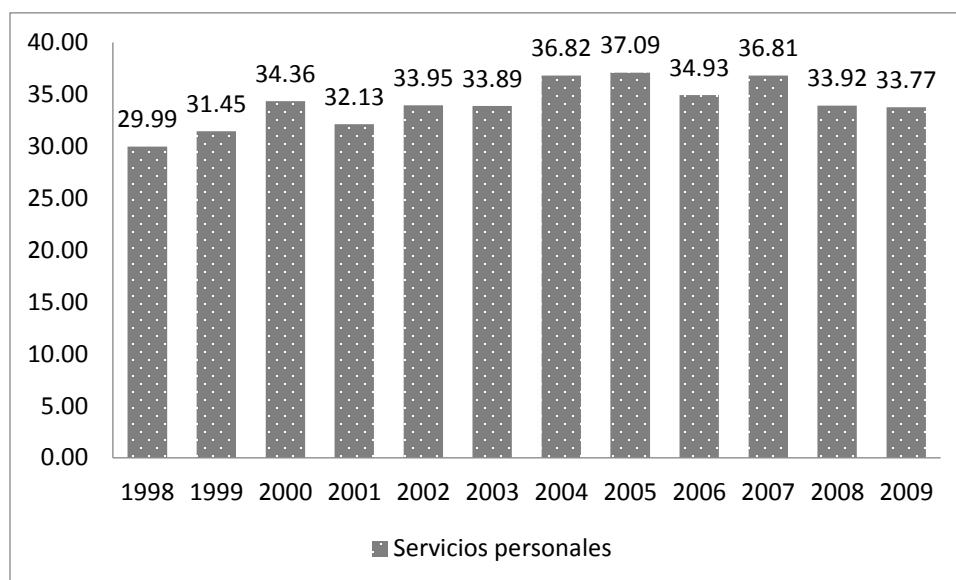


Fuente: Datos Propios con información de Inafed

Adicionalmente, el rubro que presenta un mayor incremento, medido por medio de la tasa de crecimiento, es aportaciones federales con un aumento de 1,465.72%, al pasar en 1998 de \$18,446 pesos por persona a \$288,818 pesos per cápita en 2009. Otro rubro que presento una significativa ampliación es lo relacionado al financiamiento con 791.16%, de \$6,985 pesos a \$62,251 pesos en 2009 por habitante.

Por otra parte, dentro de lo referente a los egresos, destaca el componente servicios personales, dado que las municipalidades destinan poco más del 30% del presupuesto asignado por parte de los municipios, de manera recurrente. La gráfica 2.13 describe esta situación.

Gráfica 2.13.- Porcentaje destinado a gasto por servicios personales



Fuente: Datos Propios con información de INAFED

Además, tres rubros destacan en el tópico de egresos, por orden jerárquico: El rubro de obras públicas y acciones sociales con poco más de 580% de incremento; en 1998 se presenta un gasto de \$40,107 pesos por habitante y en 2009 se erogó \$272,878 pesos por persona. Un segundo rubro es Deuda Pública (servicio de deuda) al tener 416% de incremento y los servicios personales se incrementaron en 405%, en 1998 se destina \$58,940 pesos por habitantes, mientras que en 2009 se destinaron \$297,978 pesos. Por último, el rubro servicios personales con un incremento de 405%, al pasar de \$58,940 pesos por habitantes a \$297,978 percápita.

## 2.6 Resumen

Las estadísticas arriba mostradas, han proporcionado varios puntos de vista del sector público municipal. Se ha trazado la división de gasto y nivel de gasto, así como de los

ingresos. Además, las estadísticas vertidas dan un sentido informativo, para el propósito de obtener un panorámica general del sector público municipal.

Este capítulo ha revisado el crecimiento de las actividades del sector público. Se ha observado un incremento significativo en los últimos años en dichas actividades. En términos de la composición del ingreso y gasto se puede notar diferencias entre ambos, con una tendencia a converger.

## *2.7 Bibliografía*

Bahl, Roy W. and Johannes F. Linn (1992). *Urban Public Finance in Developing Countries*. Published For The World Bank. Oxford University Press.

Hindriks, Jean and Gareth D. Myles (2006). *Intermediate Public Economics*. MIT Press

SEDESOL, INEGI y CONAPO (2007). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2005*. Primera Edición Noviembre 2007. México, D.F.

INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). Sistema Nacional de Información Municipal, [sitio de internet]. <http://www.snim.rami.gob.mx/> (página consultada Febrero-Diciembre 2012).

## CAPÍTULO. III.- REVISIÓN DE LITERATURA

### *3.1 Revisión de Literatura*

La investigación relacionada con la estimación de la eficiencia en distintos rubros de gobierno y en los factores que influyen en esta es amplia. Dado que este trabajo se enfoca a nivel municipal, principalmente se describen investigaciones que analizan la eficiencia en este tipo de gobierno, sin embargo también se presentarán investigaciones de gobiernos estatales, señalando las variables utilizadas como insumos y productos, así como sus respectivos descubrimientos.

Un primero estudio de la medición de la eficiencia aplicado a gobierno, es el desarrollado por Immaculada Vilardell (1988). En este trabajo de investigación, la autora estudia a 935 y 940 municipios de la provincia de Cataluña, España; para los años 1981 y 1986, respectivamente. Vilardell (1988) resalta el hecho que desde que las administraciones municipales han incrementado su participación en la vida política, social y económica del Estado, se han debatido y estudiado cuestiones tan complejas como las referentes a su financiamiento y a la incidencia en el nivel de bienestar de la población. Así como el ensayo de nuevas técnicas presupuestales (Vilardell, 1988: 10).

Además, establece que el estado español ha regulado toda una serie de mecanismos de control del gasto público para garantizar una asignación equitativa y eficiente. Asimismo, especifica que en las grandes concentraciones urbanas la preocupación por la calidad de vida es esencial y en las ciudades medianas el objetivo es atender las necesidades estructurales, incentivando la creación de una nueva infraestructura (saneamiento de áreas, drenaje, cultura, etc.).

Así el estado Español, además de enfrentar los problemas de planificación, debe de afrontar las dificultades de un financiamiento adecuado (Vilardell, 1988: 12). Este hecho, ha suscitado el interés de estudiosos de la Administración Pública para las cuestiones que afectan al financiamiento y el control de los gastos.

Resaltando el hecho de una escasez en los recursos de que disponen los ayuntamientos, por lo tanto, es una prioridad maximizar el presupuesto de una gestión administrativa. Así, la administración municipal es una tarea compleja y al mismo tiempo preocupante para los funcionarios municipales que han de profundizar en la práctica democrática y conseguir una mejor eficiencia en la administración (Vilardell, 1988: 14). Las decisiones sobre la gestión municipal son las que definirán una actuación eficiente o no de los municipios y afectarán directamente los intereses de los ciudadanos (Vilardell, 1988: 16).

Vilardell (1988) estima un índice de eficiencia, aplicando la técnica DEA. Utilizando datos presupuestales de municipios españoles, concretamente 935 y 940 municipios de la provincia de Cataluña, para los años 1981 y 1986 (Vilardell, 1988: 17, 281 y 299).

Para tal efecto, se construyen ocho índices de eficiencia, para ocho servicios municipales (Vilardell, 1988: 282-285): recolección de basura, departamento de bomberos, alumbrado público, saneamiento de aguas residuales, obras de vialidad, educación y transporte. Para el primer servicio utiliza como variables producción a toneladas anuales de residuos sólidos urbanos (basura residencial) y toneladas anuales de residuos selectos (vidrio, papel, desperdicios hospitalarios, entre otros) y utiliza variables insumo al número de trabajadores de limpieza, número de productoras de papel, número de contenedores, gasto en limpieza pública y gasto en tratamiento de basura.



Para el segundo servicio, servicio de bomberos, utiliza como variable producción a número de siniestros durante el año, promedio de tiempo en respuesta a un siniestro, promedio de kilómetros por siniestro. Las variables insumo utilizadas son número de trabajadores del servicio, número de vehículos utilizados, gasto anual en este servicio.

Para el servicio de alumbrado público utilizó como variables producción a Kw/h de alumbrado público, número de iluminarias reparadas anualmente, número de iluminarias instaladas durante el año, kilómetros lineales de red carretera iluminada, número de iluminarias en parques, plazas públicas y monumentos públicos. Como variables insumo se utilizó a número de trabajadores de este servicio, gasto anual en alumbrado (consumo, reparaciones, nuevas instalaciones) y dotación de material técnico del servicio.

En cuanto al servicio de saneamiento de aguas residuales, se utilizaron a las siguientes variables como tipo producción metros cúbicos de aguas residuales depuradas anualmente, número de reparaciones anuales efectuadas, kilómetros anuales de limpieza de alcantarillado, número de empresas analizadas anualmente, número de análisis realizados anualmente en plantas tratadoras de agua, así como kilómetros de drenaje y número de habitantes. Por su parte, los insumos son número de trabajadores del servicio, número de plantas tratadoras municipales, número de colectores, dotación de material técnico para la realización de este servicio y gasto anual en el servicio (limpieza, depuración, reparación, etc.).

Por su parte, para la determinación de eficiencia del servicio de obras de vialidad se utilizaron las variables producción: kilómetros de aceras y calzadas reparadas, número anual de servicios atendidos, promedio anual de horas máquina utilizadas, kilómetros de avenidas asfaltadas del municipio y censo de vehículos de la población. Las variables utilizadas como insumo son número de trabajadores del servicio, dotación de material técnico para la

realización del servicio, gasto municipal en el servicio y costo por hora trabajada de maquinaria.

Para el índice de eficiencia en la enseñanza se utilizaron a las siguientes variables de tipo producción, número de centros municipales de enseñanza, número de centros públicos municipales, número de alumnos en centros municipales y públicos. Las variables insumo son número de trabajadores del servicio (profesores, subalternos, de área, etc.) y gasto anual en este servicio.

Para el servicio de transporte comprendieron las siguientes variables de producción, promedio de vehículos que circulan en días laborales, promedio anual de accidentes de circulación, promedio anual de víctimas en accidentes, número de semáforos, número de señalamientos de tránsito, número de cajones de estacionamiento, número de infracciones de tránsito y promedio de velocidad de transporte privado. Como variables de insumo se tomaron a número de trabajadores del servicio, promedio diario de agentes de la guardia urbana dedicados a la regulación del transporte, dotación de material técnico para la realización de este servicio y gasto anual para este servicio.

Con el fin de hacer comparaciones se divide la muestra de municipios de acuerdo al tamaño de la población, así agrupa a los municipios en cuatro rangos en el primero a todo aquel municipio que cuente con menos de diez mil habitantes, un segundo rango son los municipios que contengan entre diez y veinte mil habitantes, un tercer rango son aquellos municipios que cuenten entre veinte y cincuenta mil habitantes y un cuarto rango son los municipios en los que habiten una población mayor a cincuenta mil habitantes (Vilardell, 1988: 25-26 y 288).

Dentro de los resultados obtenidos, resalta la estimación del grupo de municipios con menor promedio de eficiencia alcanzada en el período estudiado, 1981-1986, se encuentra en municipios con población entre diez y veinte mil habitantes. Una posible explicación de esto es la alta concentración de recursos humanos (Vilardell, 1988: 322). Por otra parte, los municipios que cuentan con más de 50 mil habitantes muestran, en promedio, una mayor eficiencia con respecto a los restantes grupos (Vilardell, 1988: 323).

Por otra parte, Eeckaut, Tulkens y Jamar (1993: 310-319) analizan la eficiencia por medio de dos métodos no paramétricos FDH y DEA para municipios de Bélgica. Concretamente, este análisis lo realizan mediante cuatro metodologías no paramétricas, una FDH y tres DEA, para rendimientos constantes y variables a escala. Utilizando un único insumo, gasto corriente, el cual se utiliza para brindar asistencia social y proveer educación, seguridad e infraestructura carretera. Los resultados indican que los niveles de eficiencia están positivamente correlacionados con las altas tasas impositivas y el nivel educativo de la población. Por otra parte, el nivel de eficiencia se ve influenciado negativamente por altos ingresos y niveles de riqueza de la población, además, influyen negativamente el ingreso público por concepto de subsidios del gobierno central y el número de partidos coaligados.

Este trabajo lo realizan para 235 municipios (Eeckhaul et al, 1993: 301), con datos de 1986, toman al costo total como el gasto operacional, este sería la variable insumos, y las variables producción, señala no tener una medida directa de la cuantificación de los servicios públicos locales proveídos en cada municipalidad. Con el fin de encontrar una aproximación, se identifica a factores observables los cuales determinarían la provisión de los servicios. Así, las variables tomadas como producción son: Población total, longitud de caminos con mantenimiento municipal, número de ciudadanos de la tercera edad, número de beneficiarios

de subsidios de subsistencia mínima, número de crímenes registrados en la municipalidad, número de estudiantes en escuela primaria. (Eeckhaul et al, 1993: 301-302).

En este trabajo, los autores estiman una frontera de costos para analizar la relación entre el costo agregado y el tamaño de los servicios provistos por autoridades locales en los municipios Belgas. Se concluye que la ineficiencia municipal puede explicarse por la composición política de las autoridades locales. Además, se determina que los municipios dirigidos por partidos multipartidarios conducen a resultados menos ineficientes que los municipios dirigidos por mayorías. Esto es, las mayorías compuestas por coaliciones múltiples inducen a un comportamiento más ineficiente que las mayorías compuestas por un partido único. (Eeckhaul et al, 1993: 316-321).

Al igual que los anteriores autores, De Borger, Kerstens, Moesen, and Vanneste (1994), utilizan la metodología FDH para medir la eficiencia en 589 municipios en Bélgica y calculan diferencias en la eficiencia por medio del análisis Tobit (De Borger et al, 1994: 339).

Los autores señalan la existencia de literatura que aborda la medición de la eficiencia tanto en el sector público como privado, así como comparar su desempeño. Sin embargo, hacen la mención de que la eficiencia del sector público local no ha sido estudiada de una amplia manera. Esto es algo sorprendente, dado que la medición de la eficiencia técnica es un componente crucial en el desempeño general de este sector público (De Borger et al, 1994: 339).

En la estimación de la eficiencia, utilizan como insumos a los factores de producción mano de obra y capital. En el primer factor, se utilizó el número de burócratas, dividiéndolos

en trabajadores de cuello blanco y azul, y al segundo factor, capital, se utilizó una variable proxy usándose la superficie de los edificios poseídos por las municipalidades (De Borger et al, 1994: 344).

Como variables de producción, toma a: superficies de caminos municipales, número de beneficiarios de subsidios de vida, número de estudiantes en escuelas primarias locales, superficie de bienes públicos recreacionales (plazas públicas) e índice de centralidad (De Borger et al, 1994: 345). Cabe señalar, este último se estimó de la siguiente manera: logaritmo del número de no residentes trabajando en la municipalidad dividido por el logaritmo del número total de empleados en la municipalidad.

Los autores con el fin de proveer información para el análisis de sensibilidad y medir el índice de eficiencia (con orientación a los insumos y a productos), desarrollan tres aplicaciones. En la primera se toma un único insumo (número total de burócratas municipales) y cinco productos. Para el segundo, se toman dos insumos (número total de burócratas municipales y la variable proxy de capital). La tercera aplicación se utilizan los tres insumos de manera independiente (el número de trabajadores de cuello blanco, número de trabajadores de cuello azul y la variable proxy de capital) (De Borger et al, 1994: 345).

Los resultados resaltan las consecuencias de usar una referencia tecnológica, la cual es implicada en el uso del método FDH. En la primera aplicación 56% de los municipios son clasificados como eficientes. Aproximadamente 18% del número de observaciones son declarados eficientes. Si se incrementa el número de insumos en el grupo de datos se incrementa el número de municipios eficientes. Los resultados claramente ilustran la importancia del número de dimensiones en cuanto a la medida de eficiencia obtenida. Tanto el promedio de eficiencia como el número de observaciones que son eficientes se

incrementan conforme cambia el número de dimensiones, mientras que el número de observaciones ineficientes cae (De Borger et al, 1994: 347)

En la segunda etapa, se utiliza el método de regresión censurado Tobit para determinar los factores que inciden en la puntuación de eficiencia (De Borger et al, 1994: 350). Esto parece ser garantizado debido a la variabilidad de la eficiencia entre los municipios. Para analizar la relación entre el tamaño y la eficiencia se incluye como variable explicativa a la población (De Borger et al, 1994: 351).

Los autores señalan que reciente teoría de derechos de propiedad y modelos agente-principal sugieren la posibilidad de que políticos y funcionarios municipales persigan sus fines, independientemente de la organización que se represente. Por lo tanto, esta conducta afecta al nivel de eficiencia alcanzado por la municipalidad (De Borger et al, 1994: 351). Con el fin de dimensionar este impacto, se construyeron dos variables, la primera número de partidos políticos en una coalición municipal y segundo se creó una variable dummy la cuál capta la composición de los gobiernos, concretamente la presencia de una familia política en la coalición del gobierno (De Borger et al, 1994: 352).

Los autores también utilizan al ingreso como una variable explicativa, dado que el ingreso y riqueza de los ciudadanos que residen en una municipalidad es alto, esto incentiva al ocio de funcionarios públicos, afectando las posibilidades para operar eficientemente (De Borger et al, 1994: 352).

Otra variable utilizada como explicativa, son las transferencias presupuestales de gobiernos centrales a municipales, esto con el fin de determinar el efecto “flypaper” (De Borger et al, 1994: 352). La última variable independiente es el porcentaje de la población

adulta con alto grado académico, dado que el desempeño de un municipio podría ser mejorado por la participación ciudadana (De Borger et al, 1994: 352-353). La variable dependiente es el grado de eficiencia alcanzado (De Borger et al, 1994: 353).

Se realizan varios modelos Tobit estimados con máxima verosimilitud. Así, se encuentra que la variable población tiene un efecto positivo en la eficiencia obtenida, indicando que municipios más grandes operan más eficientemente. La variable ingreso presenta un coeficiente negativo, consistente con lo arriba señalado. Los coeficientes del número de partidos en coalición resultaron negativos, pero no son significativos. La variable transferencias presentan un coeficiente negativo, lo cual confirma el hecho que estas no contribuyen a la provisión de servicios públicos municipales (De Borger et al, 1994: 353).

La variable educación parece confirmar la hipótesis de que la educación contribuye a la eficiencia. Se confirma que la educación tiene un efecto positivo sobre el control y la participación gubernamental municipal, esto incrementa la presión sobre las autoridades municipales para operar de una manera más eficiente (De Borger et al, 1994: 354).

Por otra parte, De Borger y Kerstens (1996: 151-167) utilizan técnicas paramétricas y no paramétricas para determinar la eficiencia de los gobiernos municipales de Bélgica, empleando al gasto corriente como insumo para otorgar apoyos a la población desocupada, subvención o subsidio, así como educación a nivel primaria y espacios de esparcimiento. Al correlacionar los niveles de eficiencia encuentran que existe una relación positiva con el ingreso municipal obtenido vía contribuciones locales, así como con el nivel educativo de la población. Además, establecen una correlación inversa con los ingresos de la población, así como con los subsidios que reciben los gobiernos municipales por parte del gobierno nacional.

En otro trabajo de los mismos autores, De Borger y Kerstens (1996b), utilizando exclusivamente la técnica FDH, analizan la eficiencia de 589 municipios de Bélgica para el período 1985. En esta obra, se hacen patente dos acciones de significativa importancia cuando se calcula la eficiencia técnica en la práctica. El primero, relativo a la referencia tecnológica, se debe especificar cuidadosamente la función de producción, describiendo el grupo de posibilidades de producción y sus límites. Segundo, con el fin de medir las ineficiencias algunos conceptos de distancia son requeridos con el fin de relacionar insumo y vectores observados al límite postulado (De Borger y Kerstens, 1996b: 41).

Los investigadores discuten los potenciales problemas de la cuantificación de la eficiencia radial, revisan algunas alternativas presentadas en la literatura, siempre considerando la utilización de la técnica FDH. Se enfocan en la medición de la eficiencia de la producción (De Borger y Kerstens, 1996b: 44). Especifican cuatro propiedades en la medición de la eficiencia, señaladas en Färe y Lovell (1978): 1) La eficiencia técnica requiere subgrupos eficientes, 2) Observaciones ineficientes se deben de comparar con elementos eficientes, 3) Homogeneidad de grado menos uno y 4) Monotonicidad estricta negativa (De Borger y Kerstens, 1996b: 45).

Además, se hace patente que dado la referencia tecnológica utilizada, se puede llegar a tener medidas inapropiadas de medición de eficiencia radial para la técnica FDH. Por lo que se proponen tres distintas mediciones de eficiencia no-radiales (Russell, Zieschang, Asymmetric Färe), en la evaluación de la eficiencia técnica de las municipalidades de Bélgica en la provisión de servicios públicos locales (De Borger y Kerstens, 1996b: 45-46).

Se utilizan un insumo (gasto corriente municipal) y seis indicadores de producción para cada uno de los 589 municipios que conforman a Bélgica en 1985. Los indicadores de



producción son: superficie de caminos municipales, número de beneficiarios con ayuda para subsistencia, número de estudiantes cursando educación primaria, superficie de instalaciones públicas recreativas, población total y proporción de la población con 65 años o más (De Borger y Kerstens, 1996b: 47).

En cuanto a la orientación a la que se enfoque este estudio, se señala que la literatura revisada se ha inclinado hacia los insumos, pero que esta no es la única opción. La elección de la orientación debe de estar postulada primeramente bajo el modelo conductual analizado. Sin embargo, si se asume que los gobiernos locales toman la producción como exógena (por ejemplo la demanda ciudadana por servicios) y tienen un substancial control sobre los insumo, entonces se asume una orientación hacia éstos (insumos). Esta medida detecta fallas para minimizar costos (De Borger y Kerstens, 1996b: 47).

Ahora bien, si los municipios tienen un limitado control sobre insumos y disponen de presupuestos establecidos (fijos), se debe de orientar hacia los productos. Esta medida demuestra errores en la maximización de la cantidad de servicios públicos locales dada la restricción presupuestal que se encara. Además de proveer información del incremento potencial en producción que puede ser alcanzado (De Borger y Kerstens, 1996b: 48).

En este estudio, se opta por tomar ambas orientaciones dado la incertidumbre del modelo conductual apropiado. Señalan, que la literatura teórica ha permanecido inconclusa con respecto al modelo apropiado que describa la conducta del sector público. Se presenta una dicotomía, dada la restricción presupuestal se hace énfasis en una utilización más racional y con una conducta opuesta las burocracias tienden a expandir la producción. Adicional, no existe un acuerdo general en la literatura, concerniente a las variables bajo control de los municipios (De Borger y Kerstens, 1996b: 48).

Con el fin de explicar la respectiva cuantificación de eficiencia técnica, se realiza un análisis Tobit, tomando como variable dependiente al grado de eficiencia de cada uno de los 589 municipios y como variables independientes a: ingreso personal promedio, tasas impositivas, subvenciones per cápita, número de partidos políticos en coalición municipal, se construyó una variable dummy que indique la presencia, en una coalición municipal, y participación de una familia política en una elección. Además, otra variable incluida es la educación en adultos (De Borger y Kerstens, 1996b: 53).

Dentro de los resultados, emergen dos principales. El primero, hay indicios que dependiendo sobre el método empleado de distancias y su orientación se presentan substanciales diferencias en la medición de eficiencia. Segundo, las variables explicativas, utilizadas en el análisis Tobit, impuestos y subvenciones, relativos al financiamiento de los municipios, afectan la eficiencia (De Borger y Kerstens, 1996b: 56).

Ahora bien, Balaguer-Coll, Prior-Jiménez y Vela-Bargues (2002: 8-21), construyeron una base de datos tipo panel de los municipios de la región de Valencia, España. El gasto total es su único insumo en la producción de alumbrado público, provisión de servicios de limpia pública, infraestructura vial y de parques públicos. Las variables exógenas que utilizan para determinar el impacto de las condiciones del entorno en los niveles de eficiencia municipal, son el tamaño de la población, los niveles de la actividad comercial, los ingresos tributarios locales y las transferencias recibidas por el municipio. Destaca que sus resultados contrastan con los encontrados en Bélgica, dado que a mayores ingresos tributarios del municipio, menores son los niveles de eficiencia. Por otra parte, se encuentra que la eficiencia y la actividad económica tienen una relación positiva.

Un estudio de corte internacional es el efectuado en el año 2005 por Afonso, Schuknecht y Tanzi. En este se hace un comparativo de dos indicadores, desempeño del sector público y eficiencia en este sector, entre 23 países pertenecientes a la Organización Económica para la Cooperación y el Desarrollo (OECD), para los años 1990 y 2000. Empleándose la técnica FDH (Afonso et al, 2005: 321).

Los investigadores hacen referencia al hecho que el debate del papel que juega el gobierno se ha desplazado, en años recientes, a una valoración empírica de la eficiencia y utilidad de las actividades del sector público. Una creciente literatura académica ha estado investigando la estabilización, asignación y distribución del gasto público. Esta literatura ha concluido que el gasto público podría ser mucho menor y más eficiente de lo que es. Sin embargo, para que esto suceda, los gobiernos deben de adoptar mejores prácticas y transferir actividades al sector privado (Afonso et al, 2005: 321).

Se hace una significativa diferencia entre desempeño y eficiencia. La primera es la consecuencia de las actividades del sector público, mientras que la segunda es el resultado relativo de los recursos empleados. Ambos, en cuanto a su medición, han sido poco explorados (Afonso et al, 2005: 321). Esta investigación, se orienta al análisis de la medición del desempeño del sector público y de la eficiencia que este sector presenta (Afonso et al, 2005: 321).

Se utilizan siete sub-indicadores del desempeño del sector público, los primeros cuatro son: administración, educación, salud e infraestructura pública. Los restantes tres, presentan el enfoque “*Musgrave*”, este enfoque intenta medir la interacción entre los procesos del mercado por la interferencia del gobierno. Los tres sub-indicadores restantes a tomar en cuenta serían: distribución del ingreso, estabilidad económica y distribución

económica (Afonso et al, 2005: 323-325). Con estos siete sub-indicadores se construyó un indicador que mide el desempeño del sector público. A su vez este indicador se utilizó como variable de producción y la variable gasto público, como porcentaje de PNB, se utilizó como variable de insumo (Afonso et al, 2005: 335).

Se desarrolla el análisis de eficiencia con ambas orientaciones, hacia insumos y productos. Los resultados muestran que en promedio los países de la Unión Europea se encuentran cercanos a la función de producción. El promedio alcanzado por los países europeos, en la orientación de insumos, alcanza 0.73. Esto es, se debería de alcanzar el mismo nivel de producción usando únicamente 73% de los insumos que actualmente se utilizan. En cuanto al promedio que alcanzan los países europeos en la orientación hacia productos, es de 0.82. Lo cual señala que utilizando la misma cantidad de insumos, la producción podría incrementarse un 18% (Afonso et al, 2005: 335-337).

Dentro de los resultados, se dividió la muestra con respecto al tamaño de gobierno. Por lo que se tienen tres subdivisiones. El hallazgo es el referente a grandes gobiernos, estos de promedio de eficiencia alcanzaron 0.65 y 0.83, con orientación hacia los insumos y productos, respectivamente. Los gobiernos medios 0.81 y 0.82, con las mismas orientaciones y para los gobiernos reducidos se alcanzan los mayores niveles de eficiencia, 0.98 y 0.96 (Afonso et al, 2005: 337).

Por su parte, Afonso y Fernandes (2006) desarrollan un estudio de eficiencia en el gasto que 51 municipios de la región de Lisboa y Vale do Tejo de Portugal, presentan para el año 2001. Este análisis es efectuado mediante el análisis DEA (Afonso et al, 2006: 40).

Los autores seleccionaron estas regiones de Portugal, dado que representan el 37% del gasto e ingreso total de todos los municipios de este País y 34% de la población total para el año 2002 (Afonso et al, 2006: 41). Además, definen al concepto de eficiencia técnica como la habilidad que tiene un municipio para producir la máxima producción posible dado un conjunto de insumos. Por lo que, si se cuenta con información cuantitativa de insumo/productos entonces un enfoque técnico es posible. Más aún, si se cuenta con precios un enfoque económico es también posible (Afonso et al, 2006: 42).

Los autores hacen la propuesta de estimar el grado de eficiencia que cada municipio presenta mediante la técnica DEA y como variable de producción crean un índice de producción, llamado "*Indicador de Producción Municipal Total*". Esto se realiza dado el enfoque "*Un insumo/Un Producto*", en consecuencia la variable utilizada como insumo es el gasto total per-cápita (Afonso et al, 2006: 43).

La conveniencia de insertar la variable gasto per-cápita es la garantía de que todos los insumos serán considerados en el análisis. Adicionalmente, si se tiene un reducido margen de maniobra por parte de las autoridades en la influencia de la elección de gastos, principalmente concernientes en gastos laborales, esta variable es una medida más realista de insumos municipales (Afonso et al, 2006: 43).

El Indicador de Producción Municipal Total se crea a partir de sub-indicadores, los cuáles son administración general (población residente e índice de centralidad), educación, servicios sociales, saneamiento y medioambiente (Afonso et al, 2006: 44-46).

Los autores con el fin de contemplar los cambios en la eficiencia alcanzada, desarrollan la metodología DEA tanto con orientación a los insumos, así como a la

producción. Esto para el modelo un insumo-un producto. Sin embargo, a la par realizan el mismo análisis, con los indicadores desagregados que conforman al Indicador de Producción Municipal Total con ambas orientaciones (Afonso et al, 2006: 48).

Para el primer caso, se tiene, dada la orientación de insumos, un promedio de 0.588 de eficiencia, sugiriendo que las municipalidades podrían alcanzar un promedio mayor si redujeran un 41.2% sus recursos. Un resultado interesante es que aquella municipalidad que cuenta con un mayor gasto per-cápita, tienden a presentar bajos niveles de eficiencia con respecto a municipios que tienen un bajo gasto per-cápita (Afonso et al, 2006: 49). Un adicional hallazgo es, los municipios metropolitanos cuentan con mayor nivel de eficiencia en contraste con municipios que no lo son (Afonso et al, 2006: 49).

Con respecto a la orientación de producción, se presenta un promedio de 0.328. Lo cual indica que con los mismos insumos, los municipios pueden incrementar su producción en 67.2% (Afonso et al, 2006: 49). Cuando se desagregan los factores que conforman al Indicador de Producción Municipal Total, los promedios alcanzados de eficiencia con orientación a insumo y productos son 0.674 y 0.734; respectivamente (Afonso et al, 2006: 49).

Al igual que los mencionados trabajos de investigación, Loikkanen y Susiluoto (2006: 8-15), construyen una base de datos tipo panel para 353 municipios de Finlandia. La variable producción es la provisión de servicios básicos medidos por medio de indicadores de servicios sociales, de salud y de educación. Para la variable insumo se construye una unidad métrica monetaria usada en la provisión de servicios básicos; la cuál es la suma de costos de operación neta de proveer salud, servicios sociales, cultura y educación cada año a precios del período base 1995. Sus estimaciones econométricas establecen que en aquellos

municipios donde la proporción de trabajadores municipales entre 35 y 49 años de edad es alta, también lo es la eficiencia, así como en aquellos donde la población rural es baja y en donde la población tiene altos niveles de escolaridad, mientras que altos niveles de ingreso per cápita y la distancia promedio con respecto a otras regiones reducen la eficiencia de los municipios.

Por su parte, Jin (2007) analiza en dos etapas por una parte estima la eficiencia para 72 y 77 municipalidades Coreanas en los períodos 2001 y 2005; respectivamente. El autor (2007: 62) selecciona dos insumos; gasto per cápita y número de burócratas ´por 1000 habitantes. Dentro de los productos selecciona a 7 variables: ingreso per cápita, porcentaje de servicios de agua, porcentaje de servicios de drenaje, porcentaje de instalaciones de bienestar social, número de parques públicos y número de instalaciones culturales. En una segunda etapa, explica este nivel de eficiencia, al realizar un análisis de regresión usando 13 variables independientes y cuatro variables dependientes (categorizadas en: económicas, financieras, políticas y medio ambientales). De los insumos y productos construye cuatro índices (Eficiencia técnica, eficiencia de costos, eficiencia de escala y frontera estocástica (FDH) (Jin 2007: 62-63).

Un resultado que obtiene este autor (Jin 2007: 114-115) es la relación positiva entre el nivel de eficiencia que muestran los municipios Coreanos y el tamaño de la población económicamente activa. Sin embargo, muestra una relación negativa cuando se toma exclusivamente a los empleados del sector manufactura, así como viviendas con bajo nivel de ingreso. Un sorprendente hallazgo es el hecho que el gasto per-cápita de los municipios Coreanos tienen un impacto negativo en la eficiencia gubernamental y cuando el municipio

presenta fuentes de ingreso independiente presenta un efecto positivo en el nivel de eficiencia alcanzado.

Por su parte, Herrera y Málaga (2007) se proponen analizar la eficiencia de las municipalidades Peruanas para el año 2003, mediante la interpretación de las actividades públicas locales como un proceso de producción que transforma insumos en producciones (Herrera et al, 2007: 3). Para este fin se utiliza la técnica FDH para determinar la eficiencia (Herrera et al, 2007: 4).

El marco muestral utilizado son 1499 municipalidades, que en el año 2005 se acreditaron para el programa vial. Con el fin de realizar un análisis de eficiencia segmentado, se definieron a partir de un análisis de conglomerados, grupos de municipios homogéneos, usando como variables de tipificación: el tamaño de la población, el grado de urbanidad y el nivel de pobreza y, a la par, se definieron tres tipos de gobierno locales: a) municipios provinciales, b) municipios distritales y c) municipios provinciales que en diciembre del 2005, han sido acreditadas por el Consejo Nacional de Descentralización (CND) para la transferencia del Programa de Mantenimiento Vial Rutinario (Herrera et al, 2007: 5).

Los autores señalan que los municipios pueden agruparse según diversos criterios, tamaño de la población, nivel de pobreza, nivel de gasto ejecutado, presión tributaria, monto de transferencias recibidas, etc. Sin embargo, considerando que el análisis de eficiencia procede de una evaluación relativa, y con el fin de obtener resultados insesgados, consistentes e interpretables, es necesario agruparlos acorde a variables que permitan capturar similares condiciones iniciales no discrecionales para la provisión de servicios municipales, es decir aquellas variables las cuales la unidad de gobierno correspondiente no posee injerencia para modificarlas, al menos no en el corto plazo (Herrera et al, 2007: 44).



Las consideraciones anteriores, hacen que las variables de agrupamiento utilizadas para la tipificación municipal sean la escala de operaciones, nivel de urbanidad y nivel de pobreza. Para la escala de operaciones se utiliza a la variable población, para el nivel de urbanidad porcentaje de la población que es urbana y para nivel de pobreza se toma en cuenta a proporción de la población que no satisface una necesidad básica. Para agrupar, utilizan el conglomerados (clusters), propiamente el agrupamiento jerárquico aglomerativo (Herrera et al, 2007: 46).

Para la construcción de variables producción se ha priorizado la utilización de variables flujos en lugar de variables stock, dado que el análisis de eficiencia constituye una evaluación con datos para el año 2003. Adicionalmente, se ha considerado las competencias y funciones específicas exclusivas establecidas en la Ley Orgánica de Municipalidades. Asimismo, se ha tomado en cuenta únicamente a bienes y servicios que sean representativos de la mayor parte de municipalidades, con el objetivo de obtener resultados significativos de la aplicación metodológica para el análisis de eficiencia relativa (Herrera et al, 2007: 49-50).

Así, las variables producción son: Personal de la municipalidad (totalidad del personal ocupado), programas de asistencia alimentaria, control y prevención de la salud (número de programas alimentarios, programas de control de crecimiento y desarrollo del niño), población pensionista (número de pensionistas), locales recreacionales-culturales municipales (número de teatro, cines, museos, bibliotecas, otros), servicio de recolección de basura (kilogramos de basura recolectada), reparación y construcción de infraestructura vial (metros cuadrados de reparación y construcción de pistas y veredas), abastecimiento de agua potable (porcentaje de viviendas con abastecimiento de agua por red pública) y servicios

higiénicos por red pública (porcentaje de viviendas con servicios higiénicos por red pública dentro y fuera de la vivienda) (Herrera et al, 2007: 51).

Las variables insumos para el análisis de la eficiencia municipal lo constituyen los gastos en términos per cápita por entidad correspondientes a cada una de las 7 variables producción descritas anteriormente (Herrera et al, 2007: 52).

Los resultados obtenidos son diversos, varían según los grupos definidos. El grupo que contiene a los municipios provinciales capitales de departamento (Estados), obtienen los resultados más ineficientes en la función de transporte, lo que indica bajas capacidades de gestión en el desarrollo de obras de infraestructura vial. Este resultado, sugiere una sobreestimación por metro cuadrado de los recursos destinados a la reparación y construcción de pistas y veredas (Herrera et al, 2007: 60).

Por el contrario, el puntaje de eficiencia promedio más alto se obtuvo para la función vivienda y desarrollo urbano, indica que los municipios requieren menores obras vinculadas a la provisión de agua o de servicios higiénicos por red pública, dado que tienen una mayor oferta del servicio (Herrera et al, 2007: 61).

Para 278 municipios de Portugal, Afonso y Fernandes (2008: 1955-1964) miden la eficiencia relativa del gasto municipal total para dotar de bienes y servicios a la población. Cuantifican los bienes y servicios municipales, construyendo un indicador compuesto a partir del número de escuelas, matrícula escolar, número de bibliotecas, volumen de agua potable, volumen de residuos sólidos recolectados, licencias de construcción y la longitud de caminos que reciben mantenimiento. El hallazgo principal es el que la mayoría de los municipios puede mantener el mismo nivel de producción utilizando menos recursos, o bien, mejorar su

desempeño sin incrementar el gasto municipal. Adicionalmente, la eficiencia está positivamente relacionada con los niveles educativos de la población y el nivel de ingresos per cápita del municipio.

Un trabajo similar al realizado por Herrera y Málaga (2007), es desarrollado por el propio Herrera, pero ahora con la colaboración de Pedro Francke Ballve (2009). En este trabajo se analiza la eficiencia del gasto municipal en 1686 municipalidades del Perú para el año 2003. Para este fin, se utilizaron 5 metodologías para la estimación de las fronteras de producción (i) Tres no paramétricas FDH y DEA (DEA-CRS y DEA-VRS) y (ii) Dos paramétricas una determinística y otra estocástica, las cuales se estimaron a través de 10 categorías municipalidades (4 provinciales y 6 distritales) definidas mediante una metodología de conglomerados. A partir del empleo de modelos de regresión tipo TOBIT, se analizaron los determinantes fiscales, socioeconómicos y demográficos de los niveles de eficiencia encontrados (Herrera y Francke, 2009: 2).

El análisis cluster se realizó sobre 185 Municipios provinciales y 1,501 municipios distritales. El primero se clasificó en cuatro categorías y al segundo en seis categorías (Herrera y Francke, 2009: 24-27). Las variables producción provendrán de seis funciones de gasto municipal, (1) Administración y planeamiento (Instrumentos de desarrollo urbano, licencias de construcción, licencias de funcionamiento (comercial, servicios, construcción, entre otros)), (2) Asistencia y previsión social (locales municipales para asistencia social, policías, raciones de desayunos distribuidas), (3) Educación y cultura (beneficiarios en programas de apoyo a la educación), (4) Industria, comercio y servicios (incentivos a micro y pequeña empresa, artesanía y turismo), (5) Salud y saneamiento (consultorios de diagnóstico y atención de la salud, operativos de control, cobertura del servicio de

recolección de basura y cantidad de basura recolectada) y (6) Transporte (reparación y construcción de caminos rurales) (Herrera y Francke, 2009: 29).

Por su parte, se utilizan como variable insumo a los niveles de gasto per-cápita por entidad para el año 2003, para cada una de las seis funciones anteriormente descritas (Herrera y Francke, 2009: 37). Los resultados obtenidos señalan que los municipios provinciales, en general, presentan un promedio de eficiencia bajo (46.5%), lo cual sugiere una reducción del 53.5% sobre los insumos, manteniendo inalterable la producción de servicios municipales. Sin embargo, en municipalidades distritales la situación es más grave, dado que con una reducción del 63.2% en los insumos se mantiene la dotación de bienes municipales (Herrera y Francke, 2009: 39-40).

En conclusión, los resultados de eficiencia de las cinco metodologías difieren en términos cuantitativos. Sin embargo, independiente del valor de la medida de eficiencia, todas coinciden en señalar como eficientes a las mismas categorías de municipalidades, lo cual es un indicativo de la robustez de los resultados obtenidos (Herrera y Francke, 2009: 44).

Para la segunda etapa de dicho análisis, se utilizarán como variables explicativas de la eficiencia, aquellas que las municipalidades no pueden alterar o modificar de manera directa, es decir aquellas que conforman su entorno municipal y que de una u otra manera determinan su accionar, son las denominadas variables no discrecionales. El modelo de regresión que se empleará dependerá de las características de la distribución medida por la eficiencia. Estas regresiones pueden realizarse por MCO y Tobit cuando las variables dependientes son censuradas (Herrera y Francke, 2009: 47).

Así, las variables explicativas utilizadas son monto de las transferencias que las municipalidades recibieron del Gobierno Central en el año 2003, además densidad poblacional, porcentaje de la población con educación secundaria y universitaria (Herrera y Francke, 2009: 47).

Se considera como variable dependiente a la eficiencia promedio, dado que dicha variable dependiente resultó ser censurada, se estimaron modelos de regresión censuradas tipo Tobit, los cuales permiten estimar los coeficientes de las variables explicativas por máxima verosimilitud bajo los supuestos de normalidad y heterocedasticidad. Nota: una variable es censurada cuando su distribución es una mezcla entre una distribución continua y otra discreta, lo cual genera una acumulación de probabilidad en el punto de censura (Herrera y Francke, 2009: 4).

La estimación econométrica señaló una relación negativa entre el nivel de eficiencia obtenido y el monto transferido por concepto de la minería, petróleo, pesquero, forestal y gasífero. Los autores afirman que se estaría presentando una pereza o relajación fiscal, es decir una situación en la cual los gastos se ajustan a los recursos adicionales y no se traducen en una mayor y mejor provisión de servicios públicos locales (efecto flypaper) (Herrera y Francke, 2009: 49).

Dentro del uso de la variable educación universitaria, esta presento una relación positiva con respecto al nivel de eficiencia, no así la educación secundaria y arroja resultados ambiguos. Se concluye que conforme se incrementa el nivel de educación se incrementa la eficiencia en la provisión de servicios locales. Adicionalmente, si se asume que la participación política de la población se relaciona positivamente con el grado de instrucción

de la población, se afirma que un mayor nivel educativo impacta de manera positiva la eficiencia municipal (Herrera y Francke, 2009: 49-50).

Por último, la variable densidad no presento significancia alguna para cualesquier categoría municipal. Se determina que una población más dispersa o menos dispersa no tiene ninguna implicancia en la eficiencia del gasto municipal (Herrera y Francke, 2009: 50).

Por otra parte, una aplicación de la estimación de la eficiencia, utilizando la técnica DEA, es la aplicación que hicieron Morais y Camanho (2011), en la evaluación del desempeño de las ciudades Europeas en la promoción de mejora en la calidad de vida.

En Cárdenas y Ávila (2012) se estima y analiza la eficiencia técnica relativa con la cual las 32 entidades federativas de la República Mexicana transforman su presupuesto en bienestar, a partir de la utilización de una base de datos tipo panel para el período 2000-2009. En la estimación de la eficiencia aplican la técnica DEA y se ajusta un modelo econométrico tipo Tobit para determinar la importancia que las transferencias federales, entre otros factores, tienen en dicha eficiencia (Cárdenas et al 2012: 89).

Resaltando que Cárdenas et al (2012: 104-105) descarta usar, en la determinación del índice de eficiencia, como variable de producción, al PIB estatal per cápita, dado que esta variable está directamente relacionada con el crecimiento económico, se suprime dado que el sistema económico mexicano depende de las políticas económicas implementadas por la federación. Otra variable que no se toma en cuenta es la tasa de empleo, dado también que esta es el resultado de la implementación de políticas públicas.

Así, las variables utilizadas por Cárdenas et al (2012: 106) en la construcción de un índice que se usará como producto son: mortalidad infantil, mortalidad materna, esperanza

de vida, escolaridad promedio, analfabetismo, condiciones críticas de ocupación y tasa de delitos. En la construcción se utilizó el planteamiento siguiente: todas las variables se estandarizan con media uno y posteriormente se calcula su media aritmética por entidad. Cabe señalar que se cuenta con información para los años 2000 a 2009. Se orienta hacia producción, la determinación del índice DEA, esto es válido, de acuerdo a los autores dado que el objetivo de cualquier gobierno es producir la máxima cantidad de bienes y servicios posible dado el presupuesto de que se dispone. Se estratifican los resultados de eficiencia por medio de la técnica de Dalenious-Hoadges (1958) mencionado en Cárdenas et al (2012: 110).

Los autores desarrollan una regresión tipo Tobit, ya que ésta permite el uso de variables endógenas acotadas a un rango determinado, tal es el caso de la medida de eficiencia que sólo adopta valores entre 0 y 1. Teniendo como variable dependiente a la eficiencia promedio (DEA) y como variables explicativas a porcentaje de población rural, PIB per cápita estatal, porcentaje de transferencias condicionadas en los ingresos ordinarios, contribuciones locales per cápita, mayoría en congreso local (Cárdenas 2012: 112). Encontrando que las etiquetas impuestas al gasto de las entidades federativas por parte de la Federación, además de presentar un menor margen de maniobra presupuestal, podrían estar haciendo menos eficiente el ejercicio de los recursos. Sugieren revisar los mecanismos de dispersión de los recursos federales etiquetados, especialmente los establecidos en el Capítulo V de la Ley de Coordinación Fiscal (Cárdenas et al 2012: 115).

Fang, XingLiang, ShaSha y Deng (2013), desarrollan un análisis de eficiencia, aplicando la técnica DEA, para treinta y cinco aglomeraciones urbanas en China en los años 2002 y 2007. Los autores señalan la importancia que las aglomeraciones urbanas presentan, dado que en China juegan un papel de vital importancia en la distribución de producción, así

como constituyen las áreas con más dinamismo y crecimiento económico. Sin embargo, estas ventajas traen consigo una alta densidad poblacional e industrial, lo cual resulta en significativas amenazas ecológicas (Fang et al, 2013: 1).

En comprender y evaluar los efectos de la alta densidad en las aglomeraciones urbanas, se propone abordar esta problemática desde el punto de vista de la relación insumo-producto. Dado que esta relación, es la razón del valor total de todos los bienes y servicios producidos al total de factores de recursos e inversión (capital humano, material y capital) en una específica producción y nivel de tecnología. Así, una mayor relación insumo-producto significa una más eficiente distribución de recursos, mejor administración y una utilización más racional (Fang et al, 2013: 3). Desafortunadamente, la eficiencia insumo-producto de áreas urbanas, especialmente aglomeraciones urbanas consistentes de diferentes niveles y tamaños de ciudad, han recibido poca atención entre la comunidad académica (Fang et al, 2013: 4).

Para determinar la eficiencia, mediante la técnica DEA, seleccionan tres insumos (número total de empleados por cada 10,000 personas, inversión neta en activos fijos y área de construcción en kilómetros cuadrados) y dos productos (producto nacional bruto y ventas al menudeo en bienes de consumo. Cabe señalar, que se utiliza la orientación hacia los insumos (Fang et al, 2013: 6).

Se encuentra un promedio de eficiencia para el año 2002 y 2007 de 0.774 y 0.830; respectivamente (Fang et al, 2013: 9). Si se agrupan en pequeñas, medianas y mega las aglomeraciones urbanas el grado de eficiencia que cada una de las aglomeraciones urbanas presenta es 0.657, 0.851 y 0.878 para el año 2002 y para el año 2007, 0.789, 0.831 y 0.896, respectivamente (Fang et al, 2013: 10).



Los autores también desglosaron por región de China. Para esto, se dividió al país en tres regiones costa este, centro y oeste de China. Alcanzando como promedio de eficiencia para el año 2002; 0.940, 0.849 y 0.621; respectivamente. Para el año 2007; 0.942, 0.843 y 0.754 (Fang et al, 2013: 12).

Concluyen que, aunque en el período de estudio se incrementó el grado de eficiencia, este es relativamente bajo (Fang et al, 2013: 20). Adicionalmente, la eficiencia decrece de la costa del este a la región central y de esta última a la región oeste. Además, se presenta una alta correlación con el modelo de desarrollo económico regional empleado (Fang et al, 2013: 21). También, se presentó una alta correlación positiva entre el grado de eficiencia alcanzado y la escala que alcanzo una aglomeración urbana (Fang et al, 2013: 21).

Al igual que otros estudios señalados, una segunda etapa implica proceder con un análisis explicativo de los factores que intervienen en el grado de eficiencia conseguido por cada aglomeración urbana. Para esto se utilizaron siete factores externos medioambientales, los cuales podrían afectar la puntuación de eficiencia, estos son: 1) progreso tecnológico (obtenido mediante el índice Malmquist), 2) proporción de gasto en ciencia y tecnología con respecto al total de gasto, 3) proporción de inversión directa extranjera, 4) estructura industrial (estimado por medio de una razón entre el valor de producción del sector terciario al total del valor de producción bruta total), 5) consumo de energía, 6) porcentaje de personal técnico y de investigación como proporción del número total de empleados y 7) emisiones industriales de agua residual (Fang et al, 2013: 18). La variable dependiente es la eficiencia de cada aglomeración urbana.

Para este análisis de regresión se utilizan Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Encontrándose, que todas las variables independientes son significativas al 1%, 5% y 10%

(Fang et al, 2013: 19). Sin embargo, los coeficientes de las variables consumo de energía y emisiones industriales de agua residual resultaron negativos. A la luz de los resultados y con el fin de incrementar la eficiencia insumo-producto de las aglomeraciones urbanas en los procesos de desarrollo futuros, las administraciones gubernamentales y empresas en China deben incrementar el gasto en ciencia y tecnología, proporcionar especiales incentivos a la inversión extranjera directa, así como reducir el consumo de energía (Fang et al, 2013: 19-20).

Los investigadores señalan que un enfoque ampliamente utilizado es la modelación de la puntuación DEA mediante la regresión Tobit. No obstante, estudios más recientes, Hoff (2007) y McDonald (2009), demuestran que los MCO se ajustan con más precisión y los estimadores obtenidos son consistentes, dado que la puntuación DEA no es generada por un proceso censurado, sino por datos fraccionales.

Hoff (2007: 425), señala que a menudo la regresión Tobit es utilizada en la segunda etapa de análisis DEA si la relación entre los factores exógenos (insumos no físicos) y la puntuación de eficiencia es asegurada. Hoff (2007: 433) demuestra que en la mayoría de los casos el enfoque Tobit es suficiente en la representación de la segunda etapa, pero la regresión tipo MCO podría en muchos casos remplazar a la regresión Tobit.

En la comprobación usan datos para el sector pesquero de Dinamarca para el año 2002. Sus resultados son concluyentes al señalar que el desempeño de una regresión MCO y Tobit no difieren significativamente, cada una podrían ser seleccionadas para la segunda etapa. No obstante, debe de tenerse en mente que la regresión tipo Tobit y, especialmente, la regresión tipo MCO son semi-especificadas (Hoff, 2007: 433).

Por su parte, McDonald (2009) argumenta, al igual que Hoff (2007), dado que la puntuación de la eficiencia no es generada por un proceso censurado sino por datos fraccionales, la estimación Tobit es inapropiada. En contraste, la regresión tipo MCO brinda estimadores consistentes (McDonald, 2009: 792).

Para este autor, el principal problema son los resultados de eficiencia. Estos no son valores censurados (McDonald, 2009: 794). Consecuentemente, el análisis Tobit no es un estimador apropiado. McDonald (2009, 794-795) estipula que los modelos de regresión censurada, como Tobit, han sido usados para modelar situaciones donde los datos de la variable dependiente son censurados o el resultado de una optimización para el cual existe una solución de esquina.

### *3.2 Resumen*

Este capítulo ha proveído un número de investigaciones enfocadas a la cuantificación de la eficiencia. Se observan diversos enfoques y técnicas para medir dicha eficiencia. Además, los modelos propuestos para tal fin involucran una amplia gama de variables tanto de tipo insumos como de producción así como variables utilizadas en análisis de regresión lineal.

Este tipo de modelos de eficiencia son particularmente atractivos, debido a que muestran como el análisis económico puede ser aplicado a lo que parecería un problema de índole no económica; problema burocrático. Al desarrollar este tipo de análisis, se genera una conclusión interesante que pone en duda la eficiencia del Gobierno. Esto ilustra cómo se puede aplicar el método del razonamiento económico para comprender el resultado de lo que a primera vista es un problema no económico.

Una pregunta que aún queda en el aire es lo concerniente al tamaño de gobierno, si este es demasiado grande y por lo tanto ineficiente. Esta es difícil su conclusión, la razón es que el Gobierno, independientemente del tipo que se analice, es tanto complementario al mercado como competidor del mismo. Por ejemplo, como empleador compite contra sectores industriales y de servicios por personal calificado. Cuando el Gobierno solicita un préstamo bancario, compite contra otras empresas por capital. Pero, en algunas áreas como cuidado de la salud y educación los servicios públicos y privados compiten y se complementan entre sí.

Si una actividad es llevada a cabo ya sea por el sector público o privado, es endógena en sí misma. Como en arquitectura, la función sugiere la forma. Un ejemplo de esto es la educación donde las metas son múltiples, no precisamente medibles todas, y donde existen varias partes interesadas. Esto conllevaría a potenciales desacuerdos y conflictos de interés. El mercado no puede responder inmediatamente en la solución de una problemática que surja. Más aún el riesgo es el hecho que el mercado presente un sesgo hacia la actividad más lucrativa.

### *3.3 Bibliografía*

Afonso, Antonio, Ludger Schuknecht, and Vito Tanzi (2005). "Public sector efficiency: An international comparison". *Public Choice* (2005) 123: 321-347.

Afonso, António and Sónia Fernandes (2006). "Measuring Local Government Spending Efficiency: Evidence for the Lisbon Region". *Regional Studies*, Vol. 40.1, pp. 39-53, February 2006.

---

(2008). “Assessing and explaining the relative efficiency of local government”. *The Journal of Socio-Economics* 37 (2008), pp. 1946-1979.

Balaguer-Coll, María Teresa, Diego Prior-Jiménez, and José Manuel Vela-Bargues (2002). “Efficiency and Quality in Local Government Management. The Case of Spanish Local Authorities”, *Document de treball, Universitat Autònoma de Barcelona*, 2002/2.

Cárdenas Rodríguez, Oscar Javier y Jorge Alberto Ávila Abud (2012). “El impacto de las transferencias condicionadas en la eficiencia técnica de las entidades federativas”. *Finanzas Públicas, Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP) Congreso de la Unión*, Volumen 4, Número 8. México 2012. ISSN: 2007-154X.

De Borger, B., K. Kerstens, W. Moesen, and J. Vanneste (1994). “Explaining differences in productive efficiency: An application to Belgian municipalities”. *Public Choice* 80: 339-358, 1994.

De Borger, Bruno and Kristiaan Kerstens (1996). “Cost efficiency of Belgian local governments: A comparative analysis of FDH, DEA, and econometric approaches”. *Regional Science and Urban Economics* 26 (1996). 145-170.

---

(1996b). “Radial and Nonradial Measures of Technical Efficiency: An Empirical Illustration for Belgian Local Governments using and FDH Reference Technology”. *The Journal of Productivity Analysis*, 7, pp. 5-18.

Fang, ChuangLin, XingLiang Guan, ShaSha Lu, Min Zhou, and Yu Deng (2013). “Insumos-Producción Efficiency of Urban Agglomerations in China: An Application of Data Envelopment Analysis (DEA)”. *Urban Studies* Vol. 50 (15) pp. 1-25, 2013.

Herrera Catalán, Pedro y Ramiro Málaga Ortega (2007). “Indicadores de Desempeño y Capacidades de Gestión: Una Aproximación al Análisis de la Eficiencia Municipal en el Marco del Proceso de Descentralización”. *Consortio de Investigación Económica y Social*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Economía, Lima, Perú.

Herrera Catalán, Pedro y Pedro Francke Ballve (2009). “Análisis de la Eficiencia del Gasto Municipal y de sus Determinantes”. *Revista Economía*, Departamento de Economía, Pontificia Universidad Católica del Perú. Vol. 32, No. 63, 2009, pp. 91.

Hoff, Ayoe (2007). Second stage DEA: Comparison of approaches for modelling the DEA score. *European Journal of Operational Research*, 181 (2007), pp. 425-435.

Jin Lim, Dong (2007). *A Comparative Study of Performance Measurement in Korean Local Governments Using Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis*. Tesis Doctoral Published, Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Arlington. December, 2007.

Loikkanen, Heikki and Ilkka Susiluoto (2006). "Cost Efficiency of Finnish Municipalities in Basic Service Provision 1994-2002". *Helsinki Center of Economic Research (HECER)*, Discussion Paper No. 96, February 2006. ISSN 1795-0562.

McDonald, John (2009). "Using least squares and tobit in second stage DEA efficiency analyses". *European Journal of Operational Research*, 197 (2009), pp. 792-798.

Morais, Paulo and Ana S. Camanho (2011). "Evaluation of performance of European cities with the aim to promote quality of life improvements". *Omega*, 39 (2011), pp. 398-409.

Vanden Eeckaut, Philippe, Henry Tulkens, and Marie-Astrid Jamar (1993). "Cost Efficiency in Belgian Municipalities". En: Harold O. Fried, C.A. Knox Lovell, Shelton S. Schmidt (editors). *The Measurement of Productive Efficiency Techniques and Applications*. Oxford University Press, Inc. 1993. Chapter 12, pp. 300-334.

Vilardell I Riera, Immaculada (1988). *El control de l'eficiencia de la gestió de les administracions municipals*. Tesis Doctoral publicada, Universitat Autònoma de Barcelona, Departament d'Economia de l'Empresa. España.



## CAPÍTULO IV.- MARCO METODOLÓGICO

### 4.1.- *Análisis de Datos Envolvente: Análisis Gráfico*

La medición de la eficiencia moderna comienza con el estudio clásico de Farrell (1957), quién a partir de los trabajos efectuados por Debreu (1951) y Koopmans (1951) define una simple medida de la eficiencia de una empresa, la cual podría contar con múltiples insumos. Farrell (1957: 254-256) propone que la eficiencia de una empresa consiste de dos componentes: *eficiencia técnica*, la cual refleja la habilidad de una empresa para obtener máxima producción de un dado grupo de insumos, y *eficiencia distributiva*, esta refleja la habilidad de una empresa para usar los insumos en proporciones óptimas, dados sus respectivos precios. Estos dos factores son combinados para dar una única medida, conocida como *eficiencia económica total*.

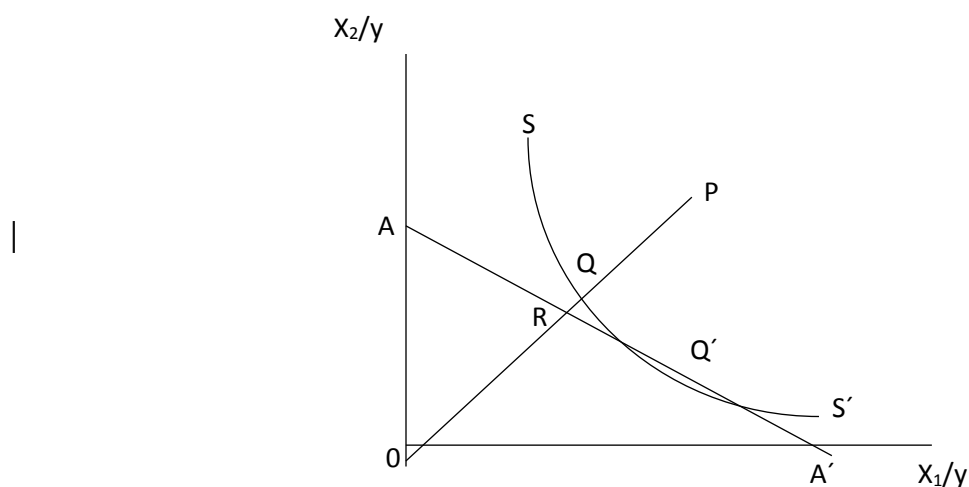
#### 4.1.1 *Medición Orientada a los Insumos*

Siguiendo al texto de Farell (1957), en donde se ejemplifica el hecho que varias empresas utilicen únicamente dos insumos ( $x_1$  y  $x_2$ ) para producir un producto ( $y$ ), bajo supuesto de rendimientos constantes a escala. En la figura 1, la línea  $SS'$  representa curva isocuanta, esta permite la medición de la eficiencia técnica. Si una dada empresa emplea una cantidad de insumos, punto P, para producir una unidad de producción, la ineficiencia técnica de la empresa ésta simbolizada por la distancia QP, este segmento representa la cantidad de todos los insumos pueden ser reducidos sin disminuir la producción. Usualmente se expresa en términos porcentuales por la razón  $QP/OP$ . La eficiencia técnica (TE) de una empresa es estimada por la razón:

$$TE_1 = OQ / OP \quad (1)$$

Esta es igual a tener 1 menos  $QP/OP$ . El resultado obtenido oscila entre cero y uno, y esto provee un grado de ineficiencia técnica de la empresa. Un valor de uno indica que la empresa es completamente eficiente técnicamente, para la figura 4.1 el punto  $Q'$  es eficiente técnicamente, dado que descansa sobre la isocuanta.

Figura 4.1.- Eficiencia Técnica y Distributiva



Si la razón de precios de insumos, representado por la línea  $AA'$ , es conocida, la eficiencia distributiva puede ser estimada. La eficiencia distributiva ( $AE$ ) de la empresa operando en punto  $P$  es definido por la razón.

$$AE_1 = OR / OQ \quad (2)$$

Dado que la distancia  $RQ$  representa la reducción en costos de producción que ocurrirían si la producción se diese en punto de eficiencia distributiva y técnico ( $Q'$ ), en lugar de esto, se presenta la eficiencia técnica con una ineficiencia distributiva, punto  $Q$ .

La eficiencia económica total ( $EE$ ) es definida por la razón

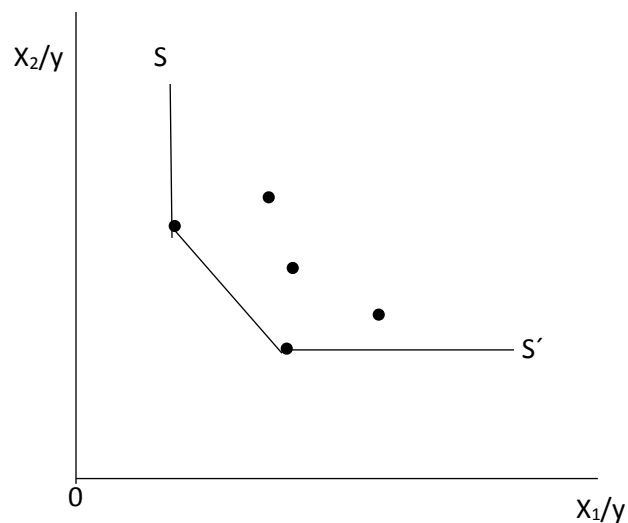
$$EE_1 = OR / OP \quad (3)$$

Donde, la distancia RP puede ser interpretada en términos de reducción de costos. Es de relevancia señalar, que la multiplicación entre eficiencia técnica y distributiva resulta en eficiencia económica general.

$$TE_1 \times AE_1 = (OQ / OP) \times (OR / OQ) = (OR / OP) = EE \quad (4)$$

Estas medidas de eficiencia asumen que la empresa conoce tanto la función de producción como el que es eficiente. En la práctica esta no es la constante y la curva de isocuanta debe ser estimada. Ante esto Farrell (1957: 263-265) sugiere el uso de (a) el uso de isocuanta convexa cuasi-lineal no paramétrica construida tal que los puntos no observados se ubican por debajo o a la izquierda de esta (Figura 4.2) é (b) una función paramétrica, tipo Cobb-Douglas, ajustada a los datos.

Figura 4.2.- Isocuanta Convexa Lineal cuasi-lineal



#### *4.1.2 Medición Orientada a los Productos*

Coelli (1996: 6) señala que la anterior medida de eficiencia orientada hacia los insumos conduce a una serie de cuestionamientos: ¿Cuántas cantidades de insumos pueden ser proporcionalmente reducidas sin cambiar las cantidades de producción? Además, ¿Cuánta puede ser incrementada la producción sin alterar los insumos? Esto refleja una orientación hacia la producción.

La diferencia entre medidas de orientación entre insumos y productos, puede ser ilustrada usando un simple ejemplo, involucrando un insumo y un producto. En la figura 4.3a se presentan rendimientos decrecientes a escala representada por  $f(x)$ , una empresa ineficiente se ubica en el punto P. La medida orientada a los insumos de Farrell (TE) es dada por la razón  $AB/AP$ , mientras que la medida orientada hacia los productos es  $CP/CD$ .

Las orientaciones a insumos y productos únicamente facilitan medidas equivalentes de eficiencia técnica cuando existen rendimientos constantes a escala, pero no serán similares cuando presenten rendimientos crecientes o decrecientes a escala (Fare and Lovell, 1978). Los rendimientos constantes a escala son trazados en la figura 4.3b donde se observa que  $AB / AP = CP / CD$ , para algún punto ineficiente P.

Si se considera una medida orientada a la producción donde se involucren dos productos ( $y_1$  y  $y_2$ ) y un único insumo ( $x_1$ ). Si se asumen rendimientos constantes a escala, se puede representar al factor tecnológico por la función de producción representada por la frontera de posibilidades de producción (FPP). Esto es trazado en la figura 4, donde la línea  $ZZ'$  es la FPP y el punto A corresponde a una empresa ineficiente. Nótese, que el punto

ineficiente A, se encuentra por debajo de la FPP, en este caso  $ZZ'$  representa el límite superior de las posibilidades de producción.

Figura 4.3.- Medidas de eficiencia técnica orientada a insumos, productos y rendimientos a escala

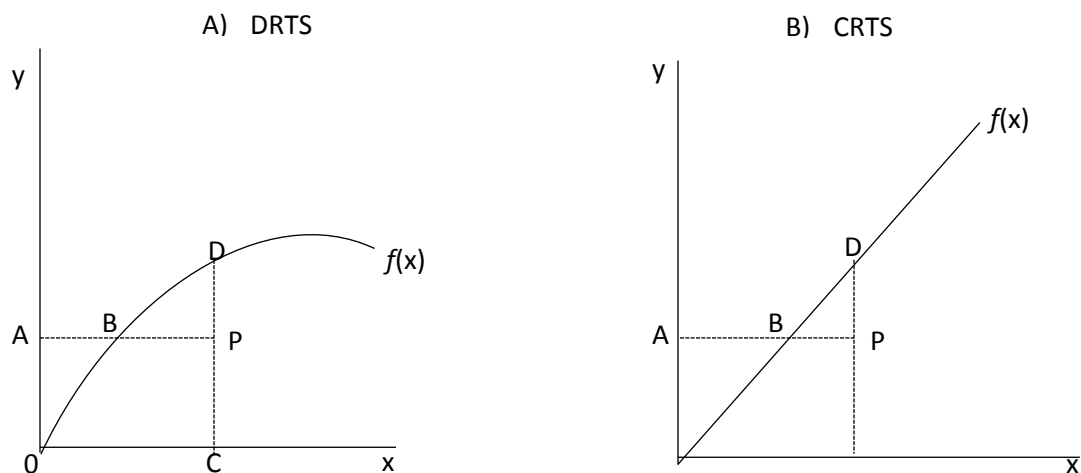
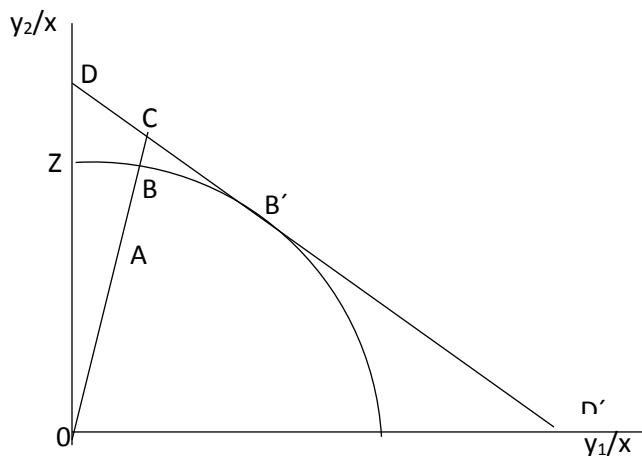


Figura 4.4.- Eficiencia técnica y distributiva de una Orientación de productos



La medida de eficiencia orientada a los productos es definida de la siguiente manera. En la figura 4.4, la distancia AB representa la ineficiencia técnica. Esto es, la cantidad por la

cual los productos podrían ser incrementados sin requerir insumos extras. A partir de esto, una medida de eficiencia técnica orientada a los productos sería la razón.

$$TE_0 = OA / OB \quad (7)$$

Si se cuenta con información de precios entonces se traza la línea de isoingresos  $DD'$  y se define la eficiencia distributiva como

$$AE_0 = OB / OC \quad (8)$$

La cuál presenta una interpretación de ingreso creciente (similar a la interpretación de reducción de costos de ineficiencia distributiva con orientación de insumos). Por otra parte, se define a la eficiencia económica general como el producto (multiplicación) de esas dos medidas.

$$EE_0 = (OA / OC) = (OA / OB) * (OB / OC) = TE_0 * AE_0 \quad (9)$$

Existen dos puntos a tomar en cuenta:

- a) Las eficiencias son estimadas a lo largo de una línea que nace del origen (0,0) al punto de producción observado. Con esto se mantienen las proporciones relativas de insumos (productos) constantes. Una ventaja de esta estimación radial de la eficiencia es que son unidades invariantes. Esto es, cambiando las unidades de medida (por ejemplo unidades laborales expresadas en horas hombre por año) no cambiará el valor de la medida de eficiencia.
- b) La medida de eficiencia técnica orientada hacia los insumos y/o productos puede ser referida, por igual, a las funciones de distancia de insumos y productos (Lovell, 1993: 10).

#### 4.2 Análisis de Datos Envolvente: Análisis matemático

El análisis de datos envolvente (DEA<sup>1</sup>) es un programa matemático no paramétrico enfocado a la estimación de fronteras de producción (en adelante fronteras). Farrell (1957: 276) propone una estimación de frontera convexa cuasi-lineal, esta, de acuerdo a Coelli, Rao, O'Donnell y Battese (2005: 162) fue considerada por únicamente algunos autores en las dos siguientes décadas a la publicación del trabajo de Farrell.

Coelli et al (2005: 162) señala que muy pocos investigadores utilizaron el planteamiento de Farrell. Algunos de estos sugirieron programas matemáticos que alcanzaran los objetivos planteados, pero el planteamiento no recibió amplia atención hasta el artículo de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), el cuál acuñó el término *Data Envelopment Analysis* (DEA). Desde entonces ha habido una enorme cantidad de investigaciones, los cuáles han extendido y aplicado la metodología DEA.

De acuerdo a Coelli et al (2005: 162), Charnes Cooper y Rhodes (1978), proponen un modelo el cual tiene una orientación hacia los insumos y asume rendimientos constantes a escala (CRS<sup>2</sup>). Subsecuentes investigaciones han considerado alternativos conjuntos de supuestos, tales como los trabajos de Färe, Grosskopf and Logan (1983) y Banker, Charnes and Cooper (1984) quienes propusieron un modelo con rendimientos variables a escala (VRS<sup>3</sup>).

---

<sup>1</sup> Siglas en Inglés de Data Envelopment Analysis

<sup>2</sup> Por sus siglas en inglés Constant Returns to Scale

<sup>3</sup> Por sus siglas en inglés Variable Returns to Scale

#### 4.2.1 Formulación DEA

Se asume que existen datos para  $K$  insumos y  $M$  productos de  $N$  empresas (en adelante DMU's<sup>4</sup>). Para la  $i$ -ésima DMU son representadas por vectores  $x_i$  y  $y_i$ ; respectivamente. La matriz de insumos ( $K \times N$  insumos),  $X$ , y la matriz de productos ( $M \times N$ ),  $Y$ , representan los datos de todas las  $N$  DMU's.

El propósito de la técnica DEA es construir una frontera no paramétrica que se envuelva sobre los puntos de datos de tal manera que los puntos se ubiquen por debajo o por encima de la frontera de producción. Un ejemplo, imaginemos que una empresa produce un producto y en la elaboración de este se necesitan dos insumos, esto puede ser visualizado como un número de planos que se intersectan formando una cubierta ajustada sobre una dispersión de puntos en espacio tridimensional. Dado el supuesto de CRS, esto puede ser representado por una isocuanta unitaria en un espacio insumo/insumo (véase figura 2).

Para el análisis DEA<sup>5</sup>, Charnes, Cooper and Rhodes (1978) condujeron el problema de medición de eficiencia para DMU's con múltiples insumos y productos en la ausencia de precios de mercado. Como se mencionó con anterioridad, supóngase que existen  $N$  empresas, cada una produciendo  $m$  productos de  $n$  insumos. La empresa  $t$  usa un conjunto de insumos  $x^t = (x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt})$  para producir un conjunto de productos  $y^t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{mt})$ . La medida de productividad promedio requiere la agregación de insumos y productos. Sin embargo,

---

<sup>4</sup> Por sus siglas en Inglés Decision Making Unit. Este término es más apropiado que empresa, dado que, por ejemplo, un banco que estudie el desempeño de sus distintas áreas o un distrito escolar estudia el desempeño de las escuelas que lo integran.

<sup>5</sup> Tomado de Ray; 2004: 28-30, un análisis similar puede ser encontrado en Cooper, Seiford and Tone; 2006: 22-25, y Ramanathan; 2003: 38-46.



precios no son disponibles. Por lo que se usaría vectores de precios “sombra” tanto de insumos como de productos.

Se define  $u^t = (u_{1t}, u_{2t}, \dots, u_{nt})$  como vector de precios sombra de insumos y  $v^t = (v_{1t}, v_{2t}, \dots, v_{nt})$  vector de precios sombra de productos. Usando estos para agregación, se obtiene la productividad media (AP) de la empresa  $t$ :

$$AP_t = \frac{\sum_{r=1}^m v_{rt} y_{rt}}{\sum_{i=1}^n u_{it} x_{it}} = \frac{v^t y^t}{u^t x^t}$$

Notesé que el vector de precios sombra usados para agregar varía de acuerdo a la empresa que se observe. Por otra parte, dos restricciones son impuestas:

- a) Todos los precios sombra deben ser no negativos, no obstante precios cero son admisibles para insumos y productos particulares.
- b) Los precios sombra tienden a ser tales que, a nivel agregado, ninguna empresa resulta en un conjunto de insumos-productos en una productividad media mayor a la unidad.

Este último, asegura que  $AP_t \leq 1$  para cada empresa  $t$ . Estas restricciones pueden ser formuladas como:

$$AP_t = \frac{v^t y^i}{u^t x^j} = \frac{\sum_{r=1}^m v_{rt} y_{rj}}{\sum_{i=1}^n u_{it} x_{ij}} < 1; (j = 1, 2, \dots, t, \dots, N)$$

$$u_{it} \geq 0; (i = 1, 2, \dots, n); v_{rt} \geq 0; (r = 1, 2, \dots, m).$$

En general, existen varios vectores de precios sombra ( $u^t, v^t$ ) satisfaciendo la anterior restricción. Por lo que se debe de seleccionar una que maximize  $AP_t$ . Esto es un problema de programación lineal y presenta cierta dificultad en su resolución.

Una solución, sencilla, planteada en Charnes and Cooper, 1962 (Ray, 2004: 29) señala que tanto la función objetivo ( $AP_t$ ) o las restricciones son afectadas si todos los precios sombra son multiplicados por un factor escalar no negativo  $k$  ( $> 0$ ). Así,

$$w_{it} = ku_{it}(i = 1, 2, \dots, n)$$

y

$$p_{rt} = kv_{rt}(r = 1, 2, \dots, m)$$

Entonces, el problema de optimización es

$$\max \frac{p^t y^t}{w^t x^t}$$

$$\text{Sujeto a } \frac{p^t y^j}{w^t x^j} \leq 1; (j = 1, 2, \dots, N);$$

$$p^t \geq 0; w^t \geq 0.$$

Ahora, se establece

$$k \equiv \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_{it} x_{it}}$$

Entonces,  $w^t x^t = 1$  y la programación será

$$\max \sum_{r=1}^m p_{rt} y_{rt}$$

$$\text{Sujeto a } \sum_{r=1}^m p_{rt} y_{rj} - \sum_{i=1}^n w_{it} x_{ij} \leq 0; (j = 1, 2, \dots, t, \dots, N)$$

$$\sum_{i=1}^n w_{it} x_{it} = 1;$$

$$p_{rt} \geq 0; (r = 1, 2, \dots, m)$$

$$w_{it} \geq 0; (i = 1, 2, \dots, n)$$

Este es un problema de programación lineal y puede ser resuelto usando el método simple. Varios puntos requieren énfasis. Primero, los precios sombra de insumos forman el valor del conjunto de insumos observados  $x^t$  de la empresa bajo evaluación a ser igual a la unidad. Como consecuencia, el valor del conjunto de productos por sí mismo  $(p^t, y^t)$  será una medida de su productividad media. A precios  $(p^t, w^t)$ , el conjunto observado de insumos-productos de empresa alguna debe resultar en un excedente de ingreso sobre el costo. Cuando se asumen CRS, la función de producción correspondiente.

$$F(x, y) = 0$$

Es homogénea de grado cero. Así,

$$\sum_i \frac{\partial F}{\partial x_i} x_i + \sum_j \frac{\partial F}{\partial y_j} y_j = 0$$

Suponiendo que la conducta que presente la DMU sea maximizadora de beneficios, el precio de la producción  $j$  es proporcional a  $\frac{\partial F}{\partial y_j}$  mientras el precio de insumos  $i$  es proporcional al negativo de  $\frac{\partial F}{\partial x_i}$ . Así, cuando los precios sombra son derivados de la tecnología, el beneficio calculado de la DMU es cero.

Esta restricción se aplica para cada empresa incluyendo a la DMU  $t$ . Como resultado, el valor máximo de la producción agregada  $Y$ , es unitaria, implicando que

$$\pi_t = \frac{Y_t}{Y_t^*} = Y_t = p^t y^t$$

La solución óptima de este problema de programación lineal (LP) conduce a medir la eficiencia técnica con orientación a producción de la empresa t.

#### 4.2.2 DEA con CRS<sup>6</sup>

Se ha mencionado que la técnica DEA involucra el uso de métodos de programación lineal para construir una frontera no paramétrica a partir de los datos obtenidos y las estimaciones de eficiencia son calculadas a partir de esa frontera.

Primeramente se define la siguiente notación. Se asume que hay datos sobre N insumos y M productos para cada DMU. Para la i-ésima DMU estos son representadas por el vector de columnas  $x_i$  y  $q_i$ ; respectivamente. La matriz de insumos  $N \times I$ ,  $X$ , y la matriz de insumos  $M \times I$ ,  $Q$ , representan los datos de todas las DMU's.

Para cada DMU, se obtiene una razón de todos los productos sobre todos los insumos, esto es  $u'q_i/v'x_i$ , donde  $u$  es un vector  $M \times 1$  de ponderación de productos y  $v$  es un vector  $N \times 1$  de ponderaciones de insumos. Las ponderaciones óptimas son obtenidas por resolver el siguiente problema de programación matemático:

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} \left( \frac{u'q_i}{v'x_i} \right), \\ & \text{sujeto a } \frac{u'q_j}{v'x_j} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, I, \\ & u, v \geq 0 \end{aligned}$$

---

<sup>6</sup> Ver Coelli et al (2005: 162-164)

Esto implica encontrar valores para  $u$  y  $v$ , de tal manera que la medida de eficiencia para la  $i$ -ésima DMU es maximizada, restringida a todas las medidas de eficiencia deben menores o iguales a uno. Un problema con esta particular formulación es que presenta infinitas soluciones<sup>7</sup>. Para evitar esta situación, se impone la restricción  $v'x_i = 1$ , por lo tanto,

$$\begin{aligned} & \max_{\mu, v} (\mu' q_i), \\ & \text{sujeto a } v' x_i = 1, \\ & \mu' q_j - v' x_j \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, I, \\ & \mu, v \geq 0, \end{aligned}$$

Donde el cambio de notación de  $u$  y  $v$  a  $\mu$  y  $v$  son usados para hacer notar que es un diferente problema de programación lineal. La forma del modelo DEA en ésta última programación es conocida como forma multiplicativa.

Utilizando la dualidad de la programación lineal, se deriva una forma de envolveramiento de este problema.

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ & \text{restringido a } -q_i + Q\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned}$$

Donde  $\theta$  es un escalar y  $\lambda$  es vector  $I \times 1$  de constantes. Esta forma de envolveramiento involucra pocas restricciones de la forma del multiplicador ( $N+M < I+1$ ), a partir de esto es

---

<sup>7</sup> Si  $(u^*, v^*)$  es una solución, entonces  $(\alpha u^*, \alpha v^*)$  es otra solución (Coelli et al; 2005: 163)

una forma generalmente preferida para estimar. El valor obtenido de  $\theta$  es la puntuación de eficiencia para la  $i$ -ésima DMU. Si  $\theta = 1$ , indica un punto sobre la frontera y es una empresa técnicamente eficiente y el valor de  $\theta$  es obtenido para cada DMU.

#### 4.2.3 Excesos (Slacks<sup>8</sup>)

Una forma semi-lineal de la frontera no paramétrica en la metodología DEA, puede causar dificultades en la estimación de la eficiencia. El problema surge debido a las secciones cuasi-lineales, las cuales corren de manera paralela a los ejes (ver figura 2) lo cual no ocurre en la mayoría de las funciones paramétricas (ver figura 1). En la figura 4.5, señala que utilizando una determinada combinación de insumos, las DMU's C y D presentan eficiencia, colaborando en la definición de la frontera, mientras que A y B son ineficientes.

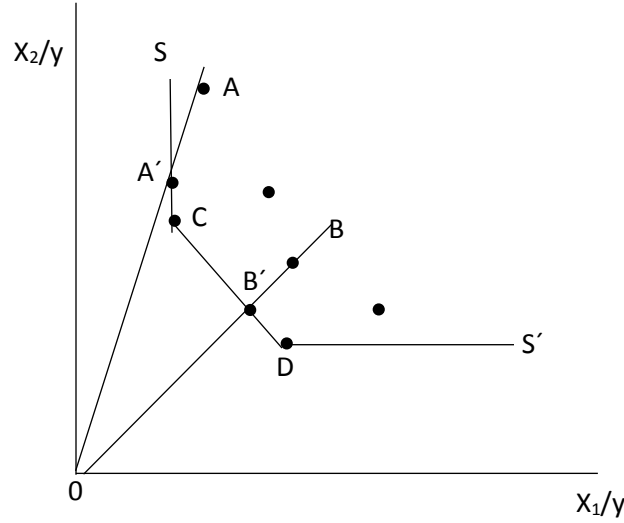
La medida de eficiencia técnica de Farrell da el grado de eficiencia que presentan las DMU's A y B;  $0A'/0A$  y  $0B'/0B$ , respectivamente. Sin embargo, es cuestionable si el punto A' es eficiente, dado que podría reducir la cantidad de utilización del insumo  $x_2$  y seguir produciendo la misma cantidad de producto<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Ver Coelli et al (2005: 164-165)

<sup>9</sup> Esto es conocido como exceso de insumos (Coelli, 1996: 11)

Figura 4.5.- Medida de Eficiencia y Exceso de Insumos



#### 4.2.4 Significado de las ponderaciones óptimas<sup>10</sup>

Los valores  $(u^*, v^*)$  obtenidos como una solución óptima de  $LP_0$  resulta en un conjunto de ponderaciones óptimas para la  $DMU_0$ . La razón de escala es evaluada por:

$$\theta^* = \frac{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{i0}}{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{r0}}$$

Sabemos que el denominador es 1, por lo que la anterior ecuación se transforma en:

$$\theta^* = \sum_{i=1}^m v_i^* x_{i0}$$

$(u^*, v^*)$  es el conjunto de ponderaciones más favorables para la  $DMU_0$  en el sentido de maximizar la escala de razón.  $u_i^*$  es la ponderación óptima para el insumo  $i$  y su magnitud expresa su valor relativo. De manera similar  $v_r^*$ , para los productos. Más aún, si se examina cada producto  $\sum_{i=1}^m v_i^* x_{i0} (= 1)$ .

<sup>10</sup> Ver Cooper et al (2006: 25)

Se aprecia la importancia relativa de cada bien por referencia al valor de cada  $v_r^* y_{r0}$  donde la  $v_r^*$  da una medida de la contribución relativa de  $y_{r0}$  al valor general de  $\theta^*$ . Esos valores no únicamente muestran cuales bienes contribuyen a la evaluación de DMU<sub>0</sub>, pero también en la medida que aportan.

#### 4.2.5 DEA con VRS<sup>11</sup>

El supuesto de CRS es únicamente apropiado cuando todas las DMU's se encuentran operando a una escala óptima. Sin embargo, competencia imperfecta, limitaciones financieras, regulaciones gubernamentales, etc. Podrían causar que una DMU no opere a una escala óptima.

Banker, Charnes, and Cooper (1984), en adelante modelo BCC, sugieren una extensión al modelo DEA con CRS, el cuál debe de tomar en cuenta los rendimientos variables a escala (VRS). El uso de la especificación CRS, cuando no todas las DMU's están operando a una escala óptima, resultará en la medición de eficiencia técnica (TE), la cual es confundida con eficiencia a escala (SE).

El uso de una especificación VRS permite el cálculo de TE a partir de los efectos de SE. El problema de programación lineal de tipo CRS puede ser modificado para tomar en cuenta VRS, para este fin se añade una restricción de convexidad;  $\sum \lambda = 1$ . Esto es,

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} \quad & \theta, \\ \text{sujeto a} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \sum \lambda = 1. \end{aligned}$$

---

<sup>11</sup> Ver Coelli et al (2005: 172-174)



$$N1'\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

Donde N1 es un vector de Nx1 de unos. Este enfoque forma una convexidad de planos intersectados entre sí, los cuáles cubren los puntos de datos más estrechamente que lo desarrollado por una función de tipo CRS. Con esto, los resultados de eficiencia técnica arrojados son mayores o iguales a los obtenidos por medio de la función CRS. Este tipo de especificación ha sido la más utilizada desde los 90's (Coelli: 1996:18).

#### *4.2.6 Cálculo de Eficiencias a Escala*

La medición de eficiencia a escala puede ser alcanzada para cada DMU por conducir un análisis con los dos tipos de economías a escala (CRS y VRS), a partir de los resultados arrojados por la estimación CRS se descomponen los resultados de eficiencia técnica en dos componentes, uno proporcionado por la ineficiencia a escala y otro por la ineficiencia “pura”. Si hay una diferencia en los resultados de eficiencia técnica (TE) de CRS y VRS de una DMU en particular, entonces se indica que la DMU presenta una ineficiencia a escala.

En la figura 4.6, se trazan las fronteras de DEA con CRS y VRS, por simplicidad se cuenta únicamente con un insumo y un producto. Bajo CRS la ineficiencia técnica orientada a los insumos del punto P es la distancia  $PP_c$ , mientras que bajo los VRS la ineficiencia técnica es la distancia  $PP_v$ . La diferencia entre estas distancias,  $P_cP_v$ , señala la ineficiencia a escala.

Esto, también se puede expresar como una razón de medidas de eficiencia.

$$TE_{CRS} = AP_c / AP$$

$$SE = AP_C / AP_V$$

$$TE_{CRS} = TE_{VRS} \times SE$$
$$AP_C / AP = (AP_V / AP) \times (AP_C / AP_V) = TE_{CRS}$$

Así, la estimación de la eficiencia técnica de CRS es descompuesta en una eficiencia técnica “pura” y una eficiencia de escala. Esta última es interpretada como la razón del producto medio de una DMU operando en el punto  $P_v$  al punto de producto medio operacional de la escala óptima (punto R).

Una limitación de esta medida de eficiencia de escala es que el valor no indica si la DMU opera en un área de rendimientos crecientes o decrecientes a escala. Sin embargo, la

programación lineal, con la que es formulada la metodología DEA, permite una adicional restricción; rendimientos no crecientes a escala (NIRS<sup>12</sup>).

Esto es efectuado por alterar el modelo DEA en su programación lineal, sustituyendo la restricción  $N1'\lambda = 1$  por  $N1'\lambda \leq 1$ , se tiene.

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ & \text{sujeto a } -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & N1'\lambda \leq 1 \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned}$$

La naturaleza la ineficiencia a escala (por ejemplo, debido a, rendimientos crecientes o decrecientes a escala) para una particular DMU puede ser determinada observando si el resultado de eficiencia técnica de NIRS es igual al obtenido por la eficiencia técnica de VRS. Si son desiguales (punto P), entonces existen rendimientos a escala. Si son iguales (punto G) se presentan rendimientos decrecientes a escala<sup>13</sup>.

#### 4.3 Ventajas y desventajas de la utilización de modelos DEA<sup>14</sup>

Dentro de las ventajas que presentan los modelos de frontera en su instrumentación sobresalen las siguientes.

---

<sup>12</sup> Siglas en Ingles de Non-increasing returns to scale (NIRS)

<sup>13</sup> Si se presenta  $TE_{CRS} = TE_{VRS}$ , entonces, por definición, la empresa opera bajo CRS (Coelli et al; 2005:174)

<sup>14</sup> Tomado de Gutiérrez (2010: 65-67)

- 1) La técnica DEA produce mayor información a partir de los datos de insumos y productos. Aportando información útil para la gestión.
- 2) Los requerimientos de información son mínimos
- 3) La posibilidad de utilizar múltiples insumos y productos, al mismo tiempo que permite la introducción de variables discrecionales.
- 4) Los modelos DEA emplean una medición radial que permite tener una interpretación directa del efecto que tienen la eliminación de la ineficiencia técnica sobre costos e ingresos.
- 5) La formulación no requiere fundamentos externos a la programación lineal.
- 6) Proporciona las combinaciones óptimas de las fronteras eficientes, contribuyendo con esto al concepto teórico de una función de producción: proporcionar la máxima producción potencial de una DMU o conjunto de DMU's con una determinada cantidad de insumos.
- 7) Permite, esta técnica, asumir rendimientos variables a escala y medir la eficiencia.

Siguiendo a Gutiérrez (2005), se presentan las siguientes desventajas en el empleo de esta técnica.

- 1) Carácter determinístico de la medición
- 2) El número de DMU's catalogadas como eficientes es sensible al número de variables consideradas como insumos y productos empleadas en la estimación. Por lo que se recomienda desarrollar un análisis de sensibilidad del modelo.
- 3) Alta influencia en la frontera de pertenencia a los grupos de comparación.
- 4) Sensible a la presencia de outliers

- 5) Se debe tener especial cuidado al seleccionar las variables a incluir en el modelo de eficiencia, pues no existen pruebas adecuadas para estimar si los resultados del análisis son estables o variarían significativamente con la utilización de otro tipo de variables.
- 6) Resultado de eficiencia influenciado por la presencia de outliers, entre más outliers se tengan mayor número de DMU's con grado de eficiencia alto.

#### *4.4 Econometría Clásica*

En esta sección se presenta una breve descripción de los conceptos econométricos que se aplicaron para el desarrollo de esta investigación. Se abordan brevemente cuestiones como el significado de regresión (tanto simple como múltiple), el método de mínimos cuadrados ordinarios, la multicolinealidad, el problema de la heterocedasticidad y que son las variables de engaño o “dummy”.

En primer lugar, ¿porque se utiliza la econometría? La econometría es muy útil para poder verificar o refutar teorías económicas, haciendo uso de métodos estadísticos y matemáticos. Para tal efecto, el análisis de regresión es una de las herramientas más usadas en el trabajo econométrico; ¿pero que es un análisis de regresión?, el análisis de regresión es lo concerniente con la descripción y evaluación de la relación que existe entre una variable dependiente o explicada y una o más variables independientes o explicativas. Por lo general, como es el caso del presente estudio, el trabajo empírico comprende la estimación de una relación de regresión múltiple, es decir, hay más de una variable independiente.

En la regresión múltiple se estudia la relación entre una variable dependiente ( $y$ ) y un número de variables explicativas ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ). El modelo que se puede asumir sería de la forma siguiente.

$$y_i = B_0 + B_1X_{1i} + B_{2i} + \dots + B_kX_{ki} + u_i; i = 1, 2, \dots, n$$

Los errores  $u_i$  son errores de medición en  $y$  y, además, son errores en la especificación de la relación entre  $y$  y  $x$ 's. En este procedimiento se tienen una serie de supuestos y relaciones algebraicas que dada la naturaleza de esta investigación no se contempla describir estas<sup>15</sup>.

El método de estimación utilizado para estimar esta regresión múltiple es el de mínimos cuadrados ordinarios<sup>16</sup>. Este es un criterio de bondad y que puede definirse como sigue: escoger como la recta de mejor ajuste la que minimice la suma de los cuadrados de las desviaciones entre los valores observados y los pronosticados. Es conveniente aclarar que un estimador es definido como un método para estimar algún parámetro desconocido y un valor estimado es el valor numérico resultante de la aplicación de la fórmula a un grupo específico de datos de una muestra. Los estimadores que se obtienen mediante la aplicación del método de mínimos cuadrados ordinarios, tienen todas las propiedades estadísticas deseables (Mejor Estimador Lineal Insesgado).

Para que el modelo clásico de regresión múltiple sea aplicable en un estudio empírico, se deben de cumplir ciertos supuestos básicos. Uno de los más difíciles de sostener en la práctica es el de la no existencia de multicolinealidad, situación donde las variables explicativas están altamente correlacionadas. Cuando las variables explicativas están altamente correlacionadas llega a ser muy difícil - y en muchas ocasiones prácticamente imposible - desenredar los efectos separados de cada una de dichas variables sobre la variable explicada. Para detectar si se tiene este tipo de problema así como para tratar de hallar algún

---

<sup>15</sup> Ver Maddala (1992: 90), Wooldridge (2016: 61-64).

<sup>16</sup> Ver Maddala (1992: 36-50), Wooldridge (2016: 24-50).

remedio, se recurre al análisis de diagnósticos de colinealidad disponibles en algún paquete computacional econométrico (SPSS, por ejemplo). Los diagnósticos de colinealidad son usados para medir la colinealidad existente entre las diferentes variables explicativas.

Otro de los supuestos más restrictivos del modelo clásico tiene que ver con la naturaleza de los datos. Cuando las observaciones provienen de un corte transversal, el principal problema al que se enfrenta el analista es el de la heterocedasticidad. La heterocedasticidad se presenta cuando los errores no tienen una varianza constante, situación más común, que trae como consecuencia varianzas poblacionales muy elevadas y varianzas sesgadas de los estimadores lo que a su vez invalida las pruebas estadísticas clásicas de  $t$  y de  $F$ . Para poder determinar la presencia de este tipo de problema se efectúan pruebas estadísticas de detección de heterocedasticidad. Entre las pruebas más utilizadas para tal propósito se encuentran la de White y la de Parks-Glejser. Ambos procedimientos regresan los residuales contra las variables explicativas que se sospecha causan la heterocedasticidad. La prueba de White es más general comparativamente a la de Parks-Glejser que establece una hipótesis respecto a la forma de la heterocedasticidad. Si estas pruebas resultan significativas, se tiene evidencia de la existencia de este problema y se debe proceder a su corrección. Existen diversos métodos adecuados para tal efecto, entre los que destacan los desarrollados por el propio White.

Por último, en la especificación de los modelos se aprecia la presencia de variables de dicotómicas o “dummy” (binarias), como variables explicativas. Estas variables “dummy”, se utilizan como variables cualitativas (sexo, estado civil y religión, por ejemplo). Cabe señalar que el uso de estas variables es frecuente en el análisis de regresión y que para

evitar caer en lo que se conoce como trampa de las variables “dummy” (problema de singularidad) se debe omitir una categoría usando el intercepto de la regresión como base.

#### *4.5 Econometría Espacial*

Las pruebas para la autocorrelación espacial están diseñadas para cuantificar el grado de agrupamiento y para permitir la inferencia estadística. El principio común que les subyace es la comparación del valor de la estadística para un determinado conjunto de datos para su distribución bajo el supuesto de hipótesis nula de no autocorrelación espacial. Dicha hipótesis implica que el espacio no importa, o, en otras palabras, la asignación de valores a determinadas localizaciones es irrelevante. En contraste bajo la hipótesis alternativa de autocorrelación espacial (dependencia espacial), el interés se centra en casos en donde los valores grandes están sistemáticamente rodeados de otros valores grandes; o los valores pequeños están rodeados de otros valores pequeños, y viceversa (Anselin, 1992).

La autocorrelación espacial es una técnica estadística que considera la localización territorial de los datos. El punto de partida es esta técnica es que hay eventos en un punto del espacio que son influenciados significativamente por lo que ocurre en lugares aledaños o cercanos (Treviño, 2013). La propensión de una variable a mostrar valores similares a los de sus vecinos es conocida como dependencia espacial (Anselin, 1992). Este fenómeno es conocido como la primera Ley de la Geografía: “Todo se relaciona con todo, pero las cosas cercanas se relacionan más entre sí” (Principio de Tobler; 1970).

Así entonces, la autocorrelación espacial existe cuando una variable desarrolla valores similares en unidades geográficamente cercanas dando lugar al surgimiento de clústers; por ejemplo, en zonas urbanas de alto consumo de agua pueden ser vecinas de otras



áreas de alto consumo (HH), de manera similar sucede cuando existen valores de bajo consumo de agua rodeados también de bajos valores (LL).

#### *4.5.1 Conceptos básicos*

La medición de la correlación que una misma variable tiene en diferentes áreas espaciales contiguas en una perspectiva horizontal, genera una de las tres posibilidades siguientes (Celemín, 2009 y Treviño, 2013). Mientras que en la fig. 2.11 se explican dichas posibilidades de autocorrelación (Anselin, 1992).

- a) *Autocorrelación espacial positiva.* Las unidades espaciales vecinas presentan valores similares (altos o bajos). Indica una tendencia al agrupamiento de las unidades espaciales, formando patrones clusters.
- b) *Autocorrelación espacial negativa.* Señalan una tendencia a la dispersión de las unidades espaciales. Indica que valores desiguales tienden a estar cerca unos de otros. Los valores altos tienden a estar rodeados de valores bajos, y viceversa, generando patrones dispersos.
- c) *Sin autocorrelación.* Los valores de las unidades sugieren la existencia de un patrón aleatorio, o que la distribución de los datos no tiene nada que ver con su distribución geográfica.

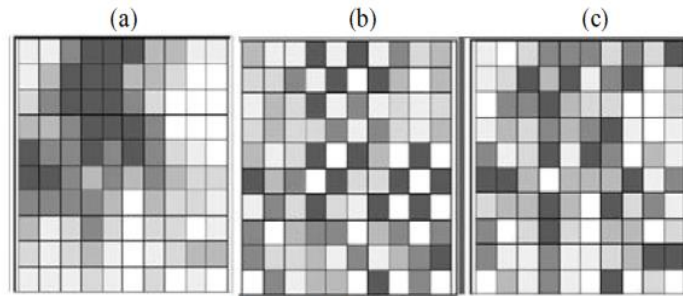


Fig. 2.11 Tipos de Autocorrelación espacial.  
Fuente: Anselin 2003

d) *Matriz de Ponderación Espacial*. La dependencia espacial no puede entenderse sin el concepto de cercanía o vecindad. Las matrices de ponderación representan la proximidad de las relaciones espaciales en un mapa bajo distintos supuestos de conectividad. En la práctica es casi imposible escoger la matriz ideal de pesos. Sin embargo, las especificaciones más comunes son vecindad tipo “torre” y tipo “reina” (Treviño, 2013).

Para ilustrar este concepto, la figura 2.12 muestra los tipos de contigüidad (reina, torre y alfil) denominadas así por su afinidad con el movimiento de las piezas del ajedrez.

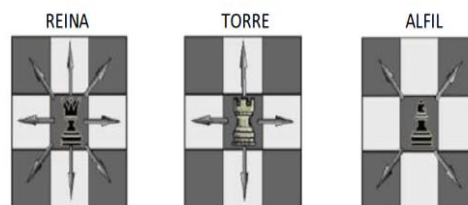


Fig. 2.12 Tipos de contigüidad en la matriz de ponderación espacial  
Fuente. Celemin 2009.

De tal manera que cuando se tienen en cuenta los cuatro elementos que comparten borde se habla de contigüidad tipo torre. En el caso de los ocho vecinos se habla de

contigüidad tipo reina y si se toman solamente los vecinos contiguos por el vértice se le denomina contigüidad tipo alfil (Celemín, 2009).

#### *4.5.2 Medición Global y Local*

Las dos medidas más utilizadas para la autocorrelación espacial son el estadístico I de Morán (1948) y el estadístico C de Geary's (Geary, 1954). Estas pruebas indican el grado de asociación espacial como reflejo de un conjunto de datos. Ambos requieren el peso de la matriz espacial. Mientras que I de Moran se basa en productos para medir el valor de la asociación; C de Geary utiliza las diferencias al cuadrado (Anselin, 1992).

La medición de la autocorrelación espacial global es posible determinarla a través del índice I de Moran global. Este tiene como propósito fundamental contrastar la hipótesis nula de “ausencia de autocorrelación espacial”, frente a la hipótesis alternativa de autocorrelación espacial, ya sea positiva o negativa, según la definición establecida anteriormente para estos términos.

El valor del índice de Moran global se determina a través de la ecuación (Anselin, 1992)

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j W_{ij} Z_i Z_j}{S_0 \sum_i Z_i^2}$$

Donde N es el total de áreas espaciales,  $\mu$  es la media de la variable  $X_i$ ,  $W_{ij}$  es la medida del peso espacial de la contigüidad, con  $Z_i = (X_i - \mu)$  y también  $Z_j = (X_j - \mu)$ , y  $S_0 = \sum_i \sum_j W_{ij}$  es un factor de normalización igual a la suma de pesos de la matriz de las unidades espaciales vecinas,  $X_i$  es el valor de la variable en una unidad espacial determinada;  $X_j$  es el valor de la variable en una localización espacial vecina.

Como se ha mencionado, el índice de I de Moran global se enfoca a contrastar la hipótesis de autocorrelación espacial en la totalidad del territorio en estudio, y el resultado puede ser positivo o negativo con una significancia a nivel general; más no informa sobre la significancia estadística de las observaciones individuales (locales).

Esta última significancia se obtiene el índice local de Moran, denominado LISA (Indicador Local de Autocorrelación Espacial). En este caso se obtiene un índice para cada área geográfica estudiada, lo cual permite identificar el grado de dependencia individual de cada área respecto a las demás. La figura 2.13 señala conceptualmente las posibilidades y tipo de Autocorrelación espacial (Anselin, 1995).

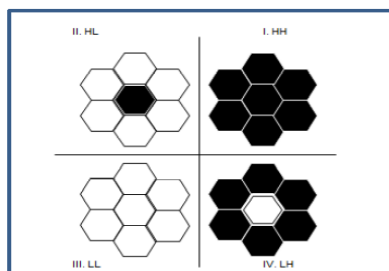


Fig. 2.13 Representación del diagrama de dispersión de Moran  
Fuente: Treviño (2013) basado en Anselin (1995)

El resultado del Índice de Moran tiene semejanza a un coeficiente de correlación y su valor fluctúa entre +1 (patrón agrupado) y -1 (patrón disperso); donde el valor cero indica un patrón espacial al azar perfecto (House, Peters, et al, 2010 y Dan, G. 2011).

El indicador LISA descompone el índice I de Moran y verifica en cuánto contribuye cada unidad espacial a la formación del valor general, permitiendo obtener una significancia estadística para cada cluster (Anselin, 1995).

Respecto al diagrama de dispersión indicado es posible resumir que: al tener un resultado de autocorrelación positiva, sobre el diagrama de dispersión por los cuadrantes

marcados como I y III, significa que los valores altos de la variable en estudio están rodeados también de altos valores de esa misma variable (High-High), o que valores bajos están rodeados de áreas con bajos valores (Low-Low). Mientras que en caso de presentarse autocorrelación espacial negativa, indicaría a los cuadrantes señalados como II y IV. En cuyo caso la interpretación significa que valores altos de la variable están rodeados de valores bajos (High-Low), o bien lo contrario (Low-High); valores bajos de la variable se rodean de altos valores (Anselin, 2003).

El estadístico de Moran Local (LISA) propuesto por Anselin para una observación  $i$  se define por la ecuación 4.4, en donde el valor para cada observación da una indicación del grado de significación espacial del cluster de valores similares alrededor de esa observación; y la suma de esos indicadores es proporcional al indicador global de la asociación espacial (Anselin, 1995 y 2003).

$$I_i = \frac{Z_i}{m_2} \sum_j W_{ij} Z_j \quad (2.4)$$

Donde  $m_2$  es la varianza de la variable  $X_i$  y el resto es lo mismo de la ecuación anterior (2.3)

Ahora bien, la ecuación 2.3 estandarizada (media = 0 y desv. Std.= 1) y  $S_0 = N$  quedando como ecuación 2.5 (Anselin, 1992), misma que utiliza el software Geoda.

$$I = \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} Z_i Z_j}{\sum_i Z_i^2} \quad (2.5)$$

La etapa de revisión de la significancia estadística para los índices  $I$  de Moran global y local  $I_i$  es de la más importante, y nos permite confrontar la hipótesis nula “ $H_0$ ” de no autocorrelación espacial (es decir, la variable se distribuye aleatoriamente y por azar en el

espacio). Lo cual en principio se revisa al nivel de 5%. Por ejemplo, obtener un p-valor menor a 0.05 para el índice I, implica que es estadísticamente significativo y que la hipótesis  $H_0$  de ausencia de autocorrelación espacial se rechaza.

Así, el índice de Moran es útil en la detección de correlación espacial global, pero no muestra donde están agrupados o dispersos los grupos de sección censal de alto o bajo consumo de agua. Sin embargo, el análisis del Índice LISA calcula un valor de autocorrelación espacial para cada unidad espacial explicando la medida en que un grupo individual se asemeja a sus grupos de vecinos. Esto proporciona una evaluación de donde ocurren las interacciones inusuales, aislando a ambos entos “calientes” (zonas de autocorrelación local) o los spots “en frío” (zonas de baja autocorrelación local). Esto proporciona más detalles sobre el consumo de agua regional alrededor de la metrópoli y además identifica los grupos de sección censal basados en sus similitudes o diferencias de consumo de agua (Chang et al, 2010).

#### *4.6 Hipótesis*

A lo largo del capítulo 3 y la sección 4.1 se presentaron algunas propuestas teóricas con relación a la medición de la eficiencia. De acuerdo con el objetivo del presente trabajo, a estudiar los diferentes patrones de eficiencia de los municipios en relación con una serie de factores que afectan su eficiencia, y de acuerdo con el modelo de eficiencia, en la sección arriba señalada, la hipótesis central que se establece es: existe una serie de factores socioeconómicos que influyen directa o indirectamente sobre las decisiones de los municipios respecto al grado de eficiencia alcanzado. Estos factores se pueden cuantificar estableciendo relaciones mediante la especificación de las funciones de eficiencia respectiva. Por otra parte, los factores más importantes en orden de prioridad son: densidad poblacional,

producto interno bruto, producto per cápita, tipo de municipio, promedio escolar, servicios domiciliarios (drenaje, agua potable), de infraestructura (red carretera), de salud (personal médico) y de seguridad pública (delitos fuero común; homicidios y robos).

Cómo hipótesis de trabajo se plantean las siguientes:

- 1) Los municipios incluidos en la muestra no presentan diferencias significativas en la eficiencia alcanzada.
- 2) El grado de eficiencia de los municipios se encuentra positivamente relacionado al nivel económico del municipio (medido por el PIB municipal).
- 3) El desempeño de los municipios, es decir el grado de eficiencia alcanzado, se relaciona negativamente al tipo de municipio que representan (suburbanos, metropolitanos, etc).
- 4) La eficiencia se relaciona inversamente al grado de densidad poblacional por kilómetro cuadrado que un municipio tiene.
- 5) El grado de eficiencia alcanzado por una municipalidad esta positivamente relacionado al grado de avance de variables socioeconómicas del municipio ; tales como: nivel educativo, servicios médicos, disponibilidad de sucursales financieras, entre otras.

#### *4.7 Resumen*

Este capítulo da una descripción del marco metodológico a seguir en la presente investigación, estableciendo procedimientos gráficos y matemáticos de DEA, así como de FA y PCA. Además, establece lo relativo al análisis espacial.

Este mismo capítulo establece la hipótesis central y el conjunto de hipótesis de trabajo a comprobar con el análisis econométrico. Cabe señalar que en la determinación del nivel de eficiencia, se presentan dos orientaciones; hacia los insumos y hacia los productos.

#### *4.8 Bibliografía*

Banker, R. D., A. Charnes, and W.W. Cooper (1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis". *Management Science* 30:9 (September), 1078-1092.

Charnes, A., W.W. Cooper (1962). "Programming with Linear Fractional Functionals". *Naval Research Logistic Quarterly* 9, 181-186.

Charnes, A., W.W. Cooper, and E. Rhodes (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research*, 2, 439-444.

Charnes, A., W.W. Cooper, and R. M. Thrall (1983). "Classifying and characterizing efficiencies and inefficiencies in data envelopment analysis". *Operations Research Letters* 2 (3), 101-103 (1983).

Charnes, A., W.W. Cooper, and R. M. Thrall (1986). "A structure for classifying and characterizing efficiencies and inefficiencies in data envelopment analysis". Research Report



CCS 512, Center for Cybernetic Studies, The University of Texas at Austin, TX, September 1986.

Charnes, A., W.W. Cooper, B. Golany, L. Seiford, and J. Stutz (1985). “Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopman Efficient Empirical Productions Functions”. *Journal of Econometrics* 30 (1985), 91-107. North-Holland.

Coelli, Timothy J. (1996). “A guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (computer) program”. *Centre for Efficiency and Productivity Analysis*, CEPA Working Paper 96/08, University of New England.

Coelli, Timothy J., D.S. Prasada Rao, Christopher J. O'Donnell and George E. Battese (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Second Edition, Springer 2005.

Cooper William W., Lawrence M. Seiford and Kaoru Tone (2006). *Data Envelopment Analysis A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Second Edition. Springer.

Debreu, Gerard (1951). “The Coefficient of Resource Utilization”. Cowles Foundation Paper 45. *Econometrica, Journal of the Econometric Society*, Vol. 19, No. 3, July 1951. The University of Chicago.

Debreu, Gerard (1959). *Theory of Value An Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium*. Cowles Foundation for Research in Economics at Yale University. Fourth printing, 1971. Yale University Press.

Färe, R. and C.A.K. Lovell (1978). “Measuring the Technical Efficiency of Production”. *Journal of Economic Theory* 19, 150-162.

Färe, R., S. Grosskopf, and J. Logan (1983). “The Relative Efficiency of Illinois Electric Utilities”. *Resources and Energy* 5, 349-67.

Farrell, M. J. (1957). “The Measurement of Productivity Efficiency”. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 120, No. 3, (1957), pp. 253-290.

Gutiérrez Ortiz, Ariel (2010). *El Puerto de Lázaro Cárdenas y su Eficiencia en la Cuenca del Pacífico (2003-2008): Un Análisis Envolvente de Datos*. Tesis de Maestría Publicada, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Hall, Pod Kopula and Plac Trzech Krzyzy (2003). “Decentralisation of employment policies and new forms of governance: tackling the challenge of accountability”. *Ministry of Economy, Labour and Social Policy*, Warsaw Poland 27-28 March 2003.

Koopmans, Tjalling C. (1951). An Analysis of production as an efficient combination of activities. En: Koopmans, Tjalling C. editor, *Activity Analysis of Production and Allocation*. John Wiley and Sons, Inc.

Lovell, C.A. Knox (1993). Production Frontiers and Productive Efficiency. En Fried, Harrold O., C.A. Knox Lovell and Shelton S. Schmidt (editors). *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press, New York, 3-67.

Ray, Subhash C. (2004). *Data Envelopment Analysis: Theory and Technique for Economics and Operations Research*. Cambridge University Press, 2004.

Ramanathan, R. (2003). *An Introduction to data envelopment analysis: A tool for performance measurement*. SAGE Publications.

## CAPÍTULO V.- DATOS, VARIABLES Y METODOS ESTADÍSTICOS

Este capítulo discute las variables utilizadas para construir índice de eficiencia de los gobiernos municipales por medio de la técnica DEA; utilizada como principal herramienta estadística para medir dicho índice de eficiencia.

Esta investigación se desarrolla en un procedimiento de dos etapas, la primera estima el índice de eficiencia y la segunda cuantifica la influencia que presentan variables en el análisis de eficiencia; esto por medio de una regresión de tipo MCO.

Cabe señalar, el modelo DEA tiene sus orígenes en investigación de operaciones y en la teoría económica de producción. Ha sido aplicada en un amplio rango de campos, desde productividad manufacturera, industria bancaria, cuantificación de desempeño corporativo, en sector de salud, hasta en la administración de la protección de bosques, del cuidado ambiental y manejo de residuos (Ogneva, Rakshit, and Pearsall, 2013: 190).

Particularmente, el modelo DEA es usado en un número de aplicaciones empíricas para medir la eficiencia municipal, las cuales abarcan las siguientes: Municipios Griegos, Australianos, Finlandeses, Chinos, EUA (California e Illinois) y de Bélgica; Athanssopoulos y Triantus, 1990; Worthington, 2000; Loikkanen y Susiluoto, 2005; Charnes, Cooper y Li, 1989; Grosskopf y Yaisawarng, 1990; Deller, Nelson y Walzer, 1992; Van den Eeckaut, Tulkens y Jamar, 1993; respectivamente.

La popularidad del modelo DEA procede de dos ventajas. Primero, el modelo DEA puede manejar insumos y productos en el proceso de producción del sector público. Segundo, el modelo DEA puede incorporar la diferencia de eficiencia en medioambientes

operacionales más allá del control administrativo, pero inmerso tanto en el propósito de cuantificar desempeños comparativos así como establecer procesos de referencia.

Además, el modelo DEA es un enfoque no paramétrico para medir la eficiencia. Simplemente, DEA mide la eficiencia de una organización por calcular la distancia entre los datos de insumo y producción. Con esta técnica, las organizaciones sobre la línea de la función de producción son clasificadas como organizaciones eficientes, mientras organizaciones bajo la función de producción son referidas como organizaciones ineficientes (Jin *et al*, 2007:69).

El enfoque no paramétrico DEA es específicamente diseñado para tratar con múltiples insumos y productos. Resuelve un conjunto de programas lineales, uno por cada DMU, este identifica las unidades frontera y construye una frontera lineal la cual pasa a través de cada una de ellas (Tofallis, 2001: 1226). Esto significa que, a diferencia del método paramétrico, no se tiene una simple forma funcional para representar la frontera eficiente.

### *5.1 Enfoque de Investigación*

Los municipios comprendidos en esta investigación son 345, los cuales proceden de 56 ZM señaladas por Sedesol *et al* (2005), por lo cual este estudio es de tipo de corte transversal. Una de las principales razones para desarrollar este tipo de estudio para el caso Mexicano, son muy pocas las diferencias en la estructura gubernamental municipal, en los sistemas impositivos y las funciones de estos gobiernos municipales. En países como EUA, Australia o Canadá, los municipios presentan distintos sistemas impositivos, diferentes estructuras y funciones (Jin *et al*, 2007:57).

Una razón más para desarrollar esta investigación es la poca existencia de estudios de eficiencia para los municipios Mexicanos. No obstante, de existir instituciones como IMCO, la cual publica regularmente indicadores y estudios determinando la eficiencia de los municipios, este es principalmente obtenido por métodos de análisis multivariante, por lo que se requeriría un análisis empírico más sofisticado.

### *5.2 Datos y Fuente*

Los datos usados en esta investigación fueron obtenidos de *site* oficial del Sistema Nacional de Información Municipal del INAFED ([www.snim.rami.gob.mx](http://www.snim.rami.gob.mx)). Este *site* concentra información municipal agrupada en siete grandes rubros (Población, Vivienda, Economía, Educación, Salud, Seguridad y Finanzas).

Como se ha señalado, se utilizan datos de tipo corte transversal del año 2005. Particularmente, dicho año, 2005, presenta una gama más amplia de variables ofrecidas por el INAFED. Destaca el hecho que se ofrezca para ese año la variable PIB municipal, no ofreciéndose para algún otro año.

### *5.3 Selección de Variables*

La selección de insumos, productos, el número de DMU's y la preparación de datos son una serie de dificultades centrales en el desarrollo de un modelo de eficiencia. La elección de insumos, productos y el número de DMU's determina cuán bueno de una discriminación existe entre eficiencia y unidades ineficientes (Sarkis, 2007: 305).

Cuando se evalúa el tamaño del grupo de datos (variables y observaciones) a ser tomadas en cuenta para análisis de eficiencia, se presentan dos conflictos. El primero es incluir tantas observaciones (DMU's) como sea posible, con un mayor número de DMU's

mayor la probabilidad de capturar unidad eficientes que determinarían la frontera de eficiencia y mejorarían el poder discriminatorio. Sin embargo, con un mayor número de variables a tomar en cuenta se incrementa la posibilidad de tener variables no homogéneas (Sarkis *et al*, 2007: 305-306).

Claramente, hay ventajas de tener un enorme grupo de datos para completar el análisis DEA. Se estipula, con el fin de presentar un buen poder de discriminación en los modelos CCR y BCC con el número mínimo de DMU's debe de ser la multiplicación entre el número de insumos y número de productos. Este razonamiento es derivado de la acción que existe flexibilidad en la selección de ponderaciones asignadas a los valores de insumos y productos en la determinación de la eficiencia de cada DMU (Sarkis *et al*, 2007: 307).

La DMU tiene una razón particular de una producción a un insumo, la mayor posible, asignando toda su ponderación a aquellos específicos insumos y productos con el fin de ser eficientes. El número de tales posibles DMU's es el resultado entre la multiplicación del número de insumos y el número de productos (Sarkis *et al*, 2007: 306).

Sin embargo, algunos otros autores (Golany y Roll, 1989; Bowlin, 1998; Friedman y Sinuany-Stern, 1998), mencionados en (Sarkis *et al*, 2007: 306; Fang, Guan, Lu, Zhou, y Deng, 2013: 6), señalan una regla, la cual establece presentar tres veces el número de DMU's con respecto al número de insumos y productos utilizados en índice de eficiencia. Es de señalar, esta investigación no presenta problema alguno en este tema, dado que se cuenta con una alta cantidad de DMU's.

Por otra parte, la tabla 5.1 muestra, a manera de resumen, a diversos autores quienes han desarrollado investigaciones concernientes a la cuantificación de la eficiencia a nivel

municipal o estatal. Esta tabla, señala autores, muestras, métodos empleados y variables utilizadas como insumos y productos.

Los métodos principalmente utilizados son DEA, FDH y SFA. Se ha señalado, esta investigación utilizada el método DEA para medir la eficiencia en los municipios de las ZMM.



Tabla 5.1.- Resumen de literatura				
			Variables utilizadas para la construcción de Índice de Eficiencia	
Autor (es)	Muestra	Método	Insumo	Producción
Inmaculada Vilardell I. Riera (1988)	65 municipios de Cataluña, España.	DEA	Número de trabajadores, número de contenedores, gasto en limpieza pública.	Toneladas recolectadas de residuos sólidos (escombros y desechos de mercados), toneladas anuales de residuos selectos (vidrio, papel).
Van den Eeckaut, Tulkens and Jamar (1993)	235 Municipalidades de Bélgica	FDH, DEA	Gasto corriente total	Población total, porcentaje de personas mayores a 65 años, Número de beneficiarios de programas de asistencia, número de alumnos de primaria, superficie de rodamiento, número de crímenes locales.
De Borger, Kerstens, Moesen and Vanneste (1994)	589 Municipios de Bélgica	FDH	Índice utilizando indicadores de mano de obra y capital, las variables utilizadas son número de	Superficie de carretera municipal, número de beneficiarios de asistencia social, número de estudiantes enrolados en escuelas primarias, superficie de plazas públicas

			burócratas y superficie de edificios poseídos por los gobiernos municipales.	
De Borger and Kerstens (1996)	589 Municipios de Bélgica	FDH	Gasto corriente total	Superficie de caminos municipales, número de beneficiarios con subsidio, número de estudiantes en la escuela primaria, superficie de espacios públicos, población total y fracción de la población mayor a 65 años.
De Borger and Kerstens (1996)	589 Municipios de Bélgica	DEA, FDH, SFA	Gasto corriente total	Población total, porcentaje de personas mayores a 65 años, Número de beneficiarios del seguro de desempleo, número de alumnos de primaria, superficie de parques públicos.
Raab and Lichty (1997)	87 Municipios de Minnesota, EUA	DEA	Transferencia de pagos, pago a empleados, ingreso	Consumo familiar, inversión de negocios, Gasto Gubernamental y Exportaciones.

			directo e indirectos a ciudadanos, importaciones.	
Athanassopoulos and Triantis (1998)	172 municipio de Grecia	DEA, SFA	Gasto corriente total	Número de familias residentes, promedio de área residencial, área de construcción residencial e industrial, área turística.
Sousa and Ramos (1999)	701 municipios Brasileños de Minas Gerais y 402 municipios de Bahía	FDH, DEA	Gasto corriente total	Población residente, viviendas con agua potable, viviendas con servicio de recolección de basura, población analfabeta, número de estudiantes en primarias y secundarias locales
Worthington (2000)	166 municipalidades Australianas	DEA, SFA	Número de trabajadores de tiempo completo, gastos financieros, otros gastos.	Población total, número de propiedades adquiridas con servicios de agua potable, drenaje, superficie de caminos rurales y urbanos en kms.
Prieto and Zofio (2001)	209 municipalidades españolas, con	DEA	Gasto presupuestal (estimación)	Agua Potable, recolección de basura, superficie de área de caminos, número de alumbrado público, infraestructura deportiva y cultural, parques.

	residentes menores a 20,000 habitantes.			
Balaguer-Coll, Prior-Jiménez y Vela Bargues (2002)	1,221 municipios de España	FDH	Salarios y prestaciones, Gasto en Bienes y Servicios, Gasto en formación de capital y Gasto en pago de deuda.	Población, Número de lámparas de alumbrado público, toneladas de basura recolectada, área pavimentada, área de edificios públicos, área de mercados, área de parques públicos y área de centros de asistencia.
Sampaio, Conceicao and Stosic (2005)	4,796 municipios de Brasil	DEA	Gasto actual, número de profesores, tasa de mortalidad infantil y servicios hospitalarios.	Población residente, población alfabetizada, asistencia por tipo de escuela, viviendas con acceso a agua potable, drenaje y recolección de basura.
Afonso, Schuknecht and Tanzi (2006)	23 Países miembros de OECD	FDH	Gasto Público como porcentaje del PNB	Índice a partir de variables como corrupción, sistema judicial, economía subterránea, número de estudiantes en educación secundaria, mortalidad infantil, esperanza de vida, transporte, Participación

				del ingreso del 40% más pobre, tasa de crecimiento del PNB, tasa de desempleo, inflación, PNB per cápita.
Loikkanen and Sussiluoto (2006)	353 municipios de Finlandia	DEA	Gastos totales	Centros de Guarderías, servicios de salud, cuidado dental, número de camas, instituciones para personas de edad, horas de enseñanza en escuelas secundarias, bibliotecas municipales (préstamos totales de libros)
Afonso and Fernandes (2006)	51 municipios de Lisboa, Portugal	DEA	Gasto per cápita total	Índice agrupando a: administración general, educación, servicios sociales, servicios culturales, recolección de basura, protección al medio ambiente.
Herrera y Francke (2007)	1686 municipios de Perú	FDH y DEA	Gasto per cápita	Se construye índice de desempeño municipal con Instrumentos de gestión y desarrollo urbano, licencias de construcción per cápita otorgadas, licencias de funcionamiento per cápita, locales de asistencia social, raciones de comida distribuidas,

				beneficiarios de becas escolares, incentivos para fomento de turismo, artesanía, MYPE, recolección de basura.
Herrera y Málaga (2007)	1499 municipios de Peruanos	FDH	Gasto per cápita	Número de personal administrativo permanente, número de programas alimentarios, número de pensionistas, número de teatros, kilogramos de basura recolectados, metros cuadrados de reparación de calles, porcentaje de viviendas con agua potable en vivienda.
Jin (2007)	77 municipios de Korea para 2005 y 72 municipios para 2001	DEA	Gasto per-cápita y número de burócratas	Ingreso per cápita, porcentaje de agua, porcentaje de servicios de drenaje, porcentaje de instalaciones de bienestar social, número de parques públicos y número de instalaciones culturales.

Afonso and Fernández (2008)	278 municipios en Portugal	DEA y análisis paramétrico	Gasto Per cápita municipal	Índice agrupando a Servicios sociales, educación básica, porcentaje de estudiantes de enfermería con respecto al número total de estudiantes, servicios sanitarios, servicios culturales licencias de construcción.
Morais and Camanho (2011)	206 ciudades Europeas	DEA	PNB per cápita	Índice con 29 variables: tasa de crecimiento poblacional, porcentaje de viviendas habitadas por 2 o más personas, precio promedio de un apartamento, precio promedio de viviendas, promedio de dimensión de sala, Esperanza de vida, tasa de criminalidad por número de habitante, tasa de empleo, tasa de empleo femenino, porcentaje de niños de 0 a 4 años en guardería, porcentaje de viviendas con computadora, número de visitantes a museos y teatros.

Cárdenas y Ávila (2012)	31 Estados, República Mexicana	DEA	Gasto público por habitante	Índice creado a partir de Mortalidad infantil, Mortalidad materna, Esperanza de vida, Escolaridad promedio, Analfabetismo, Ocupación y Tasa de delitos.
----------------------------	-----------------------------------	-----	-----------------------------	--

Fuente: Datos propios con información de Afonso and Fernandes (2008)



Como ya se señaló, en la primera etapa es crucial la selección de insumos y productos para obtener índice de eficiencia, así como número de DMU's. La mayoría de los trabajos revisados utilizan ya sea a la variable gasto total corriente o a la variable gasto per cápita como indicador de tipo insumo. En esta investigación, se sigue este mismo planteamiento.

Sin embargo, en el capítulo anterior se describió, tanto gráfica como matemáticamente, la técnica DEA. Además, se estableció ventajas y desventajas de dicha técnica. Dentro de las desventajas sobresale la sensibilidad que presenta el modelo DEA con la presencia de outliers (observaciones que difieren considerablemente de la mayoría de los datos). Los métodos no paramétricos son afectados por la presencia de outliers, es conocido la presencia de estos valores atípicos, afecta severamente la estimación de la frontera de producción debido a la sensibilidad de valores extremos y tienden a sobrestimar los resultados de eficiencia (Morais y Camanho, 2011: 402; Sampaio y Stosic, 2005: 159, Pastor, Ruiz y Sirvent, 1999: 542).

Una vez señalado esto, se procedió en el paquete estadístico SPSS v19 a estimar la presencia de outliers en estas variables (gasto total corriente y gasto per cápita) para ser solamente una variable utilizada como indicador de tipo insumo. Con los datos originales se advierte de la presencia de outliers en ambas variables. Se procede a estandarizar dichas variables por los métodos establecidos. Así se transforman los datos originales a logaritmos naturales ( $\ln x$ ), inverso ( $1/x$ ), raíz cuadrada, raíz cúbica, prueba Z. Nuevamente, en cada procedimiento de estandarización se verifica la presencia de outliers, teniendo como resultado la presencia de outliers.

Dado que aún se tiene la presencia de outliers, no deseándose estos, se utilizan los procedimientos Z-MAD y Box-Cox. De estos dos procedimientos, únicamente el procedimiento Box-Cox estableció a la variable gasto total corriente sin la presencia de outliers y la variable gasto per cápita total presentó outliers en ambos procedimientos. Así la técnica de estandarización Box-Cox es la utilizada para estandarización y, como consecuencia, se presenta la variable gasto total corriente como variable insumo, dentro de la estimación de eficiencia de la técnica DEA.

Es de señalar, la literatura revisada ante la presencia de outliers utiliza procedimiento de homogeneización; esto es, todas las variables se estandarizan con media uno. Para hacer esto, se siguen los siguientes pasos: primero se encuentra el promedio de las observaciones de cada variable utilizada, después se divide cada observación por su respectiva media y nuevamente se obtiene promedio de esa (s) variable (s) en cuestión y dicho promedio resultará en un valor de uno (Sarkis *et al*; 2007: 310-311).

La justificación de usar este procedimiento es asegurar variables homogéneas entre sí (Cárdenas *et al*; 2012: 105, Sarkis *et al*; 2007: 306, Dyson *et al*; 2001: 249-251). Sin embargo, este procedimiento no asegura la eliminación de outliers y se contrapone a TLC en donde se estipula a una distribución normal debe de presentar una media con valor cero y varianza uno (Montgomery, Runger y Hubele, 2012: 76). Por lo tanto, en el curso de esta investigación, no se procedió a homogenizar variables; tanto para la primera etapa como para la segunda etapa. Asegurándose, la eliminación de la presencia de outliers como primera prioridad, así la totalidad de variables fueron estandarizadas por medio del procedimiento Box-Cox.

Por otra parte, en la selección de la variable o variables que serán tomadas como indicador de tipo producción no existe una variable comúnmente utilizada, más bien es un conjunto de variables, las cuales conforman a dicho indicador. Esto se debe a que la definición y cuantificación de la producción de cualquier orden de gobierno no es una tarea fácil. Este es un problema que se aborda en la mayoría de los trabajos, los cuales tratan de estimar la eficiencia del gasto en los gobiernos.

Como se observó en la revisión de literatura, la manera en la cual generalmente se cuantifica la producción es a través de variables relacionadas con la provisión de bienes y servicios públicos, como por ejemplo número de escuelas, bibliotecas, matrícula escolar, servicios médicos otorgados, entre otros. Algunos autores han construido indicadores de desempeño, como St. Aubny (2004: 14), Afonso and Fernandes (2006: 43-44), Afonso, Schuknecht and Tanzi (2008: 23), entre algunos otros.

Si bien es cierto que ambas medidas (indicadores de resultados y cantidad de bienes y servicios) son empleadas para aproximar la producción de un gobierno, también lo es que el uso de indicadores permite minimizar las diferencias en calidad que surgen al momento de comparar los bienes y servicios previstos entre diferentes gobiernos (Cárdenas et al (2012: 104).

La tabla 5.1, además de presentar variables utilizadas como insumos, señala las variables utilizadas como productos para las distintas investigaciones efectuadas. Se observa la no existencia de una o de un conjunto de variables típicamente utilizadas como productos, más aún existen diversos procedimientos utilizados para obtener indicador de producción.

Algunos autores utilizan un número de variables como indicadores de producción y algunos otros investigadores proponen la construcción de índices, en los que se toman un grupo de variables y de estos se obtiene un índice de producción, el cuál es, a su vez, utilizado en conjunto con el indicador de insumo para la construcción y obtención del índice de eficiencia. Esto dependiendo del enfoque que se desee para la medición de la eficiencia municipal; dichos enfoque puede ser “un insumo/varios productos” y “un insumo/un producto”

Dentro del enfoque “un insumo/un producto”, se propone la construcción de un índice de producción. Para tal fin, existen una serie de metodologías aplicadas. La literatura revisada, muestra que para la obtención de dicho índice lo recurrente es establecer subindicadores los cuales contribuirán a la formación del índice de producción municipal.

Estos subindicadores se forman por categorías de producción municipal (Educación, Servicios Sociales, Saneamiento y Medioambiente y Administración General). Una vez estimados estos cinco subindicadores, se procede a calcular el índice de producción municipal. Para tal fin, a cada categoría se le da la misma ponderación; así, se multiplica la ponderación asignada por su correspondiente subindicador y sumándose cada resultado para la obtención de índice de producción municipal (De Borger y Kerstens, 1996b: 45-46; Afonso *et al*: 2006: 43-44, Afonso, Schuknecht y Tanzi, 2006: 18).

Este procedimiento utilizado, con el fin de medir el indicador de producción, es altamente cuestionable desde el punto de vista de valorar a los subindicadores con la misma ponderación. Afonso *et al*: 2005: 325, hacen referencia a que este es un “fuerte” supuesto, pero aun así desarrollan investigación en base a este indicador de producción.

En esta investigación y con el fin de no presentar estos cuestionamientos, se procedió a desarrollar análisis de PCA; el cual es derivado de análisis de FA. Es de señalar, a diversos autores los cuales han desarrollado metodología de FA y PCA. Por ejemplo, Brown (2006: 1103), haciendo referencia a trabajo de Dyson (2001), el cual examina los errores y protocolos de la aplicación DEA, desarrolla aplicación de eficiencia a sector financiero, sugiriendo que la aplicación práctica de DEA presenta un rango de problemas referentes a procedimiento, destaca el problema de unidades no homogéneas. Antes esto, Brown *et al* (2006: 1104) sugiere el uso de análisis multivariante, en particular la metodología de *cluster*, para unir unidades homogéneas.

Por su parte, Serrano y Molinero (2004: 3) avalan el uso de análisis FA y PCA dado que el número de DMU's eficientes dependen de la cantidad de insumos y productos incluidos en el modelo, se resalta la importancia de controlar el número de insumos y productos.

Adler y Golany (2001: 267-271) usan análisis de componentes principales para reducir los datos que sustentan el modelo DEA. Estos autores demuestran el uso de PCA en el contexto del análisis DEA mejora el poder discriminatorio del modelo. Un enfoque similar desarrollaron Vargas y Bricker (2000: 8-14), donde los métodos de estadística multivariante y DEA son usados en secuencia. Otros autores que han utilizado estas técnicas son Kardíyen y Örkücü (2006), Adler y Golany (2007), Zhu (1998).

Premachandra (2001) utiliza la investigación efectuada por Zhu (1998), utilizando éstos avances extiende una derivación a una muestra, la cual presenta una mayor cantidad de DMU's eficientes, dado que con grupos reducidos de unidades eficientes se presenta

consistencia entre estas dos técnicas, pero cuando se incrementa el número de unidades eficientes no se presenta consistencia.

Particularmente, el enfoque de Zhu (1998: 51-53) es basado sobre la posibilidad de una razón, entre una única producción y un único insumo, puede ser una solución posible en la frontera eficiente y, determinando dichas relaciones, es posible clasificar unidades eficientes.

### *5.3.1 Análisis FA y PCA*

El análisis multivariante es un conjunto de métodos estadísticos cuya finalidad es analizar simultáneamente conjuntos de datos multivariantes en el sentido de que hay varias variables medidas para cada individuo u objeto estudiado. Su razón de ser radica en un mejor entendimiento del fenómeno objeto de estudio obteniendo información que los métodos estadísticos tradicionales (univariado y bivariado) son incapaces de conseguir.

En el área particular de la Economía Urbana, la implementación de este tipo de técnica estadística reviste una importante relevancia, dado que la mayoría de las muestras involucran múltiples componentes. De esta manera, se desarrollan dos técnicas del análisis multivariante; factores y componentes principales. Estas técnicas estadísticas son aplicadas a un simple grupo de variables cuando un investigador se encuentra interesado en descubrir cuales variables en el grupo forman subgrupos coherentes que son relativamente independientes entre sí. Dichas variables son correlacionadas entre sí, pero independientes de otros subgrupos de variables son agrupadas en factores. Éstos, son pensados para reflejar subyacentes procesos creados a partir de las correlaciones entre variables (Tabachnick y Fidell, 2013: 612).

El análisis de factores examina un grupo entero de relaciones interdependientes. Este análisis no hace distinciones entre variables dependientes e independientes. En lugar de esto, relaciones interdependientes entre el grupo entero de variables son examinadas. Este análisis denota una clase de procedimientos primeramente usados para reducción de datos. En la investigación, en sus diversos campos, hay un enorme número de variables, las cuáles con correlacionadas entre sí y las cuáles deben ser reducidas a un nivel manejable (Hair, Black, Babin, y Anderson, 2014: 92-93).

Relaciones entre grupos de variables interrelacionadas son examinadas y representadas en términos de resultantes factores. En análisis de varianza, regresión múltiple y análisis discriminante, una variable es considerada variable dependiente y otras son consideradas variables independientes. Sin embargo, en el análisis de factores no se hace tal distinción. Este análisis es una técnica de interdependencia en la que un grupo entero de relaciones interdependientes son examinados.

Matemáticamente hablando, el análisis de factores es algo similar a un análisis de regresión múltiple en el cual cada variable es expresada como una combinación lineal de factores subyacentes. La proporción de varianza de una variable con respecto a las otras variables incluidas en el análisis es referida como *communality*. La covariación entre las variables es descrita en términos de un pequeño número de factores comunes más un único grupo factor para cada grupo. Estos factores no son abiertamente observados. Si las variables son estandarizadas, por algún procedimiento conocido (LN, inverso, raíz cuadrada, raíz cúbica, Z, Box-Cox, entre otros) el modelo factorial puede ser representado como:

$$X_i = A_{i1}F_1 + A_{i2}F_2 + A_{i3}F_3 + \cdots + A_{im}F_m + V_iU_i$$

Donde:  $X_i$  = i-ésima variable estandarizada

$A_{ij}$  = Coeficiente de regresión múltiple estandarizado de la variable  $i$  sobre factor común  $j$

$F$  = Factor Común

$V_i$  = Coeficiente de regresión estandarizado de la variable  $i$  sobre único factor  $i$

$U_i$  = Único factor para la variable  $i$

$m$  = Número de factores comunes

Los factores únicos son correlacionados entre sí y con los factores comunes. Los factores comunes por sí mismos pueden ser expresados como combinaciones lineales de las variables observadas.

$$F_i = W_{i1}X_1 + W_{i2}X_2 + W_{i3}X_3 + \cdots + W_{ik}X_k$$

Donde  $F_i$  = Estimado del i-ésimo factor

$W_i$  = Ponderación o coeficiente de puntuación del factor

$k$  = número de variables

Es posible seleccionar ponderaciones o coeficientes de ponderación de factores, así el primer factor explica la más grande proporción de la varianza total. El segundo grupo de ponderaciones puede ser seleccionado, de tal manera este segundo factor explica el segundo mayor grupo de varianza residual, sujeto a ser no correlacionado con el primer factor. Este



mismo principio podría ser aplicado a seleccionar ponderaciones adicionales para los factores adicionales. Así, los factores pueden ser estimados, las puntuaciones de los factores, a diferencia de los valores originales, no son correlacionados (Pituch and Stevens, 2016: 340-344).

Dentro del análisis de factores sobresale el enfoque de componentes principales. En este procedimiento, la varianza total de los datos es considerada. La diagonal de la matriz de correlaciones consiste de unicidades y una varianza total es traída a la matriz de factores. Este análisis es recomendado cuando la preocupación primario es determinar el número mínimo de factores para tener la mayor varianza en los datos para ser usados en subsecuentes análisis multivariado. Los factores son llamados componentes principales.

En el análisis de componentes principales, se busca maximizar la varianza de una combinación lineal de las variables. Esencialmente, este análisis es una técnica de un paso aplicado a datos los cuales no están agrupados entre las observaciones. Además, esta técnica se especializa únicamente con la estructura principal de una única muestra de observaciones, donde ninguna de las variables es diseñada como dependiente y se asume el agrupamiento de las observaciones (Rencher y Christensen, 2012: 405-406).

El primer componente principal es una combinación lineal con la máxima varianza, el segundo componente principal es la combinación lineal con máxima varianza en una dirección ortogonal al primer componente principal y así sucesivamente. En general, este procedimiento define dimensiones que son diferentes de aquellos definidos por funciones discriminantes o variantes canónicas.

#### 5.4 Aspectos técnicos previos

El desarrollo del modelo DEA presenta dos problemáticas en su implementación. En algunas ocasiones los datos a los que se tienen acceso presentan valores cero y/o se cuenta con valores negativos. Ante esta situación la utilización de DEA se ve afectada (Ali y Seiford, 1990: 403). Los modelos básicos DEA no son capaces de realizar un análisis con dichos valores, más aún estos modelos imponen a todos los valores deben ser estrictamente positivos; esto es, no negativos y mayores de cero (Sarkis *et al*, 2007: 312 y 316, Huguenin *et al*, 2013: 248).

##### 5.4.1 Valores cero

De acuerdo, al desarrollo presentado por Charnes, Cooper and Rhodes (1978: 430-440), se requeriría estrictamente a todos los valores de los insumos y productos valores positivos. Charnes, Cooper y Thrall 1983 y 1986 (mencionado en Ali y Seiford, 1990: 403) han publicado trabajos en donde han propuesto relajamientos, sin embargo se requiere el desarrollo de teoremas de clasificación sofisticados.

Ali y Seiford (1990: 404-405) proponen, a partir de la propuesta establecida en Charnes, Cooper, Golany, Seiford and Stutz (1985: 97-101), una restricción a la programación lineal, de tal manera que se pueden reemplazar ceros con un pequeño valor positivo sin afectar significativamente los resultados de eficiencia.

En el mismo sentido, Sarkis *et al* (2007: 316) y Huguenin *et al* (2013: 248), establecen el hecho de la limitación de la técnica DEA para medir eficiencia con valores cero o negativo. Sin embargo, establecen el reemplazo que puede realizarse los valores cero, los cuales pueden

ser sustituidos por valores muy bajos; tales como 0.01 y no se altera los resultados de eficiencia.

Siguiendo a la literatura, en el desarrollo de esta investigación a aquellas observaciones que se presenten con valor cero, se sustituyeron por valor 0.01.

#### *5.4.2 Valores negativos*

En algunas ocasiones la base de datos, con las que se cuenta, presenta valores negativos. Los modelos básicos DEA no son capaces de realizar un análisis con dichos valores, más aún estos modelos imponen a todos los valores deben ser estrictamente positivos; esto es, no negativos y mayores de cero. Esto ha sido definido como un requerimiento “positivo” de DEA (Sarkis, 2007: 312).

Uno de los más comunes métodos para eliminar la presencia de valores no positivos, ha sido la adición de un valor constante suficientemente grande que haga a los valores ser positivos (Sarkis, 2007: 316).

Es de señalar, que en la base de datos utilizada en esta investigación, no se tienen valores negativos. Sin embargo, los resultados obtenidos del índice de producción, mediante PCA, si presentan algunas observaciones con valor negativo, por lo que se añadió un valor suficientemente grande, a todas las observaciones de dicho índice de producción, con el fin de no contar con valor negativos y, a su vez, mayores de cero (0.01).

#### *5.4.3 Orientación DEA*

En el capítulo 4, se describió al modelo DEA el cual permite el cálculo de la eficiencia y esta puede ser orientada en base a insumos o producción. El propósito de la orientación hacia los insumos es para evaluar cuanta cantidad de insumos puede ser proporcionalmente

reducida sin cambiar la cantidad de producción. Alternativamente, la orientación hacia los productos asegura cuanta producción será incrementada sin cambiar las cantidades de insumos utilizadas. Estas dos alternativas, bajo rendimientos constantes a escala producen los mismos resultados, no así cuando se utilizan rendimientos variables a escala (Afonso *et al*, 2006: 42).

La orientación del modelo debe ser seleccionada de acuerdo a cuales variables tienen mayor peso en la toma de decisiones (insumo o producción). Si un dado nivel de insumos es asignado y asegurado para un DMU su decisión sería maximizar producción (por lo tanto, se orienta hacia la producción). Alternativamente, si la decisión es producir un dado nivel de producción con el mínimo de insumos, se optará por una orientación hacia los insumos. (Huguenin *et al*, 2013: 238).

Además, Huguenin *et al* (2013:239) señala si en una situación dada, no se encara restricción alguna y se cuenta con control de ambos (insumos y productos), la orientación del modelo depende sobre sus objetivos. Si necesita reducir costos se orienta hacia los insumos o si desea maximizar producción se orienta hacia la producción.

Los dos modelos básicos usados en DEA, conducen a la identificación de dos diferentes fronteras (Huguenin *et al*, 2013: 237-238):

- a) El primer modelo asume rendimientos constantes a escala (CRS). Esto es, apropiado cuando todas las DMU's están operando a una escala óptima. Sin embargo, note que esto es un supuesto ambiguo. Para operar a una escala óptima, la DMU debe desenvolverse en un medioambiente competitivo, el cuál rara vez es el caso. El

Modelo CRS calcula un score de eficiencia llamado rendimientos constantes a escala de eficiencia técnica (CRSTE).

- b) El segundo modelo asume rendimientos variables a escala (VRS), esto es apropiado cuando las DMU's no están operando a una escala óptima. Esta situación se presenta frecuentemente, cuando las DMU's encaran competencia imperfecta regulaciones gubernamentales, etc. El modelo VRS calcula un "score" de eficiencia llamado rendimientos variables a escala de eficiencia técnica (VRSTE).

En el caso de esta investigación, se procedió a desarrollar la orientación de insumos, debido al proceso seguido en la construcción de índice de producción se desarrolló una serie de transformaciones, desde estandarizaciones, por medio del procedimiento Box-Cox, ya descrito, hasta obtención de índice de producción por medio de PCA.

Este índice, en sus resultados, presenta valores negativos. Por lo que, es necesario añadir un valor suficientemente grande para no tener valor negativo alguno y con valor mínimo de 0.01. Esta serie de transformaciones, principalmente el añadir valores positivos a valores negativos, condiciona el uso de la orientación y de los rendimientos aplicados (Lovell y Pastor, 1995: 149-150, Pastor, 1996: 94-97, Ali *et al*, 1990: 404-405).

Así, siguiendo a Lovell *et al*, 1995; Pastor *et al*, 1996 y Ali *et al*, 1990, se procede a orientar el modelo DEA hacia los insumos y con rendimientos variables a escala. Es de señalar, la imposibilidad de desarrollar rendimientos constantes a escala. Esto debido a que no se presenta restricción de convexidad, la cual si presenta el modelo de rendimientos variables a escala, y, además, con rendimientos constantes a escala no es aplicable hacer las transformaciones cuando se presentan valores cero o negativos (Knox *et al*, 1995: 150).

### *5.5 Regresión*

Los factores que determinan los niveles de eficiencia o ineficiencia encontrados, es el tipo de análisis que constituye la segunda fase de los modelos de eficiencia en dos etapas (Balaguer-Coll, Prior y Tortosa, 2004: 17, Loikkanen et al, 2006: 16, Afonso et al, 2008: 1958). El análisis se realiza mediante la estimación de modelos de regresión considerando como variables explicativas aquellas sobre las cuales las unidades de gestión evaluadas no tienen injerencia.

Worthington and Dollery (2000b: 11) señalan que las formulaciones establecidas por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y Banker, Charnes y Cooper (1984) asumen a los insumos y productos como discrecionales (variables controladas por la autoridad municipal y variada a su discreción). En la mayoría de las circunstancias se esperaría que este supuesto no sea una constante, dado que existen variables las cuales son establecidos de forma exógena y, por lo tanto, no discrecional (ejemplo: variables geográficas, medioambientales y demográficas).

La elección del modelo de regresión para realizar dicho análisis, dependerá de la distribución de la variable dependiente. Una primera aproximación implica estimar una regresión lineal mediante mínimos cuadrados ordinarios. Sin embargo, cuando la variable dependiente es censurada, los parámetros estimados mediante este modelo son inconsistentes, problema que se incrementa con el número de observaciones censuradas (Greene, 1981, mencionado en Herrera y Francke (2003: 8). Una solución a este problema consiste en estimar un modelo Tobit mediante máxima verosimilitud bajo los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Además, se han empleado técnicas especiales en la

detección de valores atípicos (outliers), esto contribuye a reducir los efectos de estos y los posibles errores en el conjunto de datos disponibles (Sampaio de Sousa *et al*, 2005: 161-165).

En el capítulo tres se hizo la revisión de literatura, en este sobresalen los procedimientos utilizadas en distintas investigaciones para DEA de dos etapas. Se aprecia el uso casi sistemático de análisis de regresión tipo Tobit y, en algunas ocasiones, MCO. Sin embargo, al igual que el desarrollo del indicador producción en la construcción del índice de eficiencia, no existe un consenso de variables explicativas utilizadas para análisis de segunda etapa.

Es de resaltar, en la única variable que se utiliza repetidamente en este tipo de análisis de dos etapas, es el uso de la variable dependiente; eficiencia estimada por algún procedimiento (DEA, FDH, SFA, paramétricos).

Dentro de las variables utilizadas para explicar el grado de eficiencia alcanzado por el índice de eficiencia se encuentran las siguientes: Porcentaje de población rural, PIB per cápita estatal, porcentaje de transferencias condicionadas en los ingresos ordinarios, contribuciones locales per cápita en pesos de 2009, mayoría en el congreso local, monto de subvenciones per cápita, densidad poblacional, número de miembros del ayuntamiento, porcentaje de población con secundaria terminada, porcentaje de población con estudios universitarios y técnicos concluidos, ingreso promedio personal, coaliciones partidarias, presencia de partidos liberales en municipio, presencia de partidos socialistas, porcentaje de población económicamente activa, porcentaje de empleados en industria manufacturera, porcentaje de viviendas con bajo ingreso, preferencia política del alcalde, porcentaje de votación en la elección de alcalde y número total de burócratas.

Sin embargo, Hoff (2007) y McDonald (2009) señalan que si bien la literatura utiliza ampliamente el análisis Tobit para estudiar el papel que juegan las variables exógenas en el desempeño de la eficiencia, apuntan que regresiones de tipo MCO pueden reemplazar al análisis Tobit como un modelo de dos etapas.

Hoff (2006: 426) señala a la puntuación DEA es limitada al intervalo  $(0,1)$ , siendo el modelo usado para reproducir los estimados de eficiencia debe también ser limitado a este intervalo y en consecuencia no lineal. Un enfoque introductorio podría usar MCO en análisis de segunda etapa, este podría predecir puntuaciones fuera del intervalo  $(0,1)$  pero si sus efectos no difieren significativamente de los efectos predichos de modelos no lineales, MCO es adecuado para modelar esos efectos.

Así, Hoff (2006: 430-434) compara tres distintos procedimientos econométricos para ver cuál brinda mejores resultados. Los procedimientos utilizados son Tobit, MCO y un estimador cuasi-maximizador de verosimilitud, arrojando como resultado a MCO presenta mejor desempeño que los otros.

Por su parte, McDonald (2009: 792) argumenta que análisis de tipo MCO es un estimador apropiado, dado que los resultados del análisis Tobit no son generados por un proceso de “censuramiento” sino son datos fraccionales.

Además, McDonald (2009: 794) señala a los modelos de regresión censurada, como los modelos Tobit, han sido utilizados para modelar situaciones cuando los datos de la variable dependiente han sido censurados (0 o 1) o son el resultado de un problema de optimización para los cuales hay una solución de esquina. Sin embargo, la puntuación de eficiencia arrojados por DEA no son datos censurados o solución de esquina. Así mismo,



McDonald (2009: 79) señala que estas puntualizaciones pueden ser mejor descritas por medio de un proceso de normalización.

Técnicamente, una variable de respuesta censurada sigue una distribución de variable tipo discreta. Sin embargo, un procedimiento tipo Tobit implica que una variable es cero para algunas observaciones, pero sigue una distribución de tipo continua para valores positivos (Wooldridge, 2010: 669-672, Wooldridge, 2015: 537-538). Así, el comportamiento del índice de eficiencia no es una variable censurada (discreta), sigue una distribución de tipo continua para el rango 0-1; dado este resultado no es aplicable el uso del modelo Tobit, por lo que en esta investigación se seguirá análisis de regresión tipo MCO.

Es de señalar, que en el transcurso de esta investigación, se verá en el siguiente capítulo, surge el problema de heterocedasticidad, ya descrito en capítulo anterior; esto es, coeficientes con alta varianza entre variables, si se continuará con modelo Tobit se tendrían estimadores inconsistentes (Wooldridge, 2015: 686). Por lo que se refuerza no seguir con lo sugerido por la teoría: es decir no desarrollar regresiones de tipo censuradas Tobit y realizar procedimiento econométrico en base a MCO.

### *5.6 Tamaño Muestral y Número de Variables*

Arriba se estableció como fuente de información a la base de datos de INAFED, de esta se tomaron un total de 283 variables, para los 345 municipios (observaciones) que comprenden las 56 ZMM. Estas 283 variables se pueden agrupar en los siguientes rubros:

Rubro	Número de Variables
Infraestructura en Servicios Municipales	45
Datos Socioeconómicos	22
Médicos por 1000 Habs.	1
Personal Médico	1
Alumnos por Profesor	6
Delitos del Fuero Común	3
Policías por cada 100 mil Habs.	2
Infraestructura Educativa	6
Tipo de Municipio	6
PIB Municipal Total	2
Población Total	1
Vivienda	64
Salud	27
Educación	96
Densidad por Km <sup>2</sup>	1
Total	283

Fuente: Datos Propios, con información de INAFED

Es de señalar, la base de datos del INAFED cuentan con información de IDH e IM; con 11 y 13 variables respectivamente. Sin embargo, estas no fueron tomadas en cuenta dado que se conforman por porcentajes y contrastaría contra variables de tipo continuo. Dyson *et al* (2001: 250) describe este tipo de problemática y señala que dado el deseo de incorporar índices, razones o porcentajes al grupo de insumos o productos sería correcto si todos los

insumos y productos son de esta misma clase, pero el riesgo ocurre cuando los intentos son hecho por mezclar distintas medidas. Por lo tanto, una vez descrito esto, no se tomó en cuenta a este grupo de variables.

Una problemática que surge es con respecto a los valores perdidos de las observaciones. En algunas variables se llega a tener serios problemas en cuanto a la disponibilidad de las 345 observaciones cuenten con información. El INAFED reporta en distintas observaciones de algunas variables el término N.D.; esto es, no se cuenta, por alguna circunstancia, no descrita por el propio Instituto, con información para dicha observación.

La teoría de eficiencia por medio de la técnica DEA, no admite valores cero o negativos o perdidos. Para el primer caso, se establece que sería sustituidos por un valor suficientemente pequeño, 0.01. Para el segundo caso, se determinó agregar un número a cada observación de tal manera que valores negativos se conviertan en positivos. Para el tercer caso, no se ha llegado a un consenso para tratar dicha problemática; esto por parte de la literatura DEA (Morais *et al.*: 2011: 402).

Sin embargo, algunos métodos han sido propuestos, en cuanto a la modelación de valores perdidos, resaltan los sugeridos por Kuosmanen (2002: 2-8) y por Smirlis, Maragos y Despotis (2006: 2-7). El primero sugiere reemplazar valores perdidos por cero y en el segundo se propone el sustituir valores perdidos por aproximaciones en forma de intervalos, en cuyo valor desconocido sea probable a pertenecer.

Con el fin de no eliminar variables, y contar con las 283 variables. En un primer intento se prosiguió con la metodología propuesta por Kuosmanen (2002: 1-11); esto es, se procede a detectar valores faltantes y, una vez que se realizó esto, se sustituye por un valor

de 0.01, a diferencia de lo propuesto por Kuosamanen (2002) se toma en cuenta el hecho de la técnica DEA no admite valores cero.

Así se estima, un índice de eficiencia y se procede a análisis de segunda etapa, econometría clásica y espacial. Es, en la econometría espacial donde el modelo propuesto no consigue a generarse, estableciendo errores en el sintaxis de matrices. Por lo tanto, se desecha este procedimiento y se procede, en la base de datos, a eliminar variables que no cuenten con la totalidad de observaciones.

Así, una vez que se desarrolló esto, se pasa de 283 variables a un total de 241 variables en 345 observaciones para desarrollar análisis de investigación. Cabe señalar, que esta decisión implica cierta notoriedad, dado que no se tomaron en cuenta variables donde la literatura aplicada de DEA, frecuentemente se aplican. Como por ejemplo longitud de res carretera, la base de datos trae información para 286 municipios faltando 59 observaciones. Además, pese a su importancia y meta establecida como pruebas de análisis se eliminaron variables de índole de seguridad; Policías por cada 100 mil habitantes, solo se tiene información para 293 municipios y delitos fuero común; se cuenta con datos para homicidio y robo en 279 y 286 municipios respectivamente.

Una vez establecido lo anterior, se procede a extraer de este conjunto de variables a aquéllas que serán utilizadas en el análisis de segunda etapa; análisis de regresión; esto se justifica por la literatura revisada (capítulo 3). Así, se extraen Población Total, Densidad Poblacional, Población de 5 años y más con estudios técnicos o comerciales con primaria terminada (p5ymas\_est\_tec\_com\_pri), Población de 5 años y más con normal básica (p5ymas\_normal\_basica), Población de 5 años y más con doctorado (p5ymas\_doctorado), Grado promedio de escolaridad (grado\_escolar), Sucursales de la Banca Comercial, Médicos

por cada 1000 Habs.(médicos), PIB Total en pesos (pib\_total\_pesos), Tipo de Municipio (Urbano Grande, Urbano Mediano, Semi Urbano), Población total con derechohabiencia a servicios de salud (p\_con\_derecho\_ss) y Población derechohabiente del Seguro Popular o para una Nueva Generación (p\_con\_derecho\_segpop).

Como resultado de lo anteriormente descrito y a manera de resumen, se cuenta originalmente con 283 variables, de estas se eliminan aquellas variables que no cuenten con todas las observaciones (345), por lo que se restan 42 Variables. Por lo tanto, se tienen 241 variables para desarrollar análisis. De estas, se toman 14 variables para análisis de segunda etapa y de esta manera, para análisis de PCA, se utilizan 227 variables.

### *5.7 Especificación de Modelo (Clásica y Espacial)*

Una vez que se estima el índice de eficiencia, esto por medio de la técnica DEA, se procede a estimar la relación que aguardan un conjunto de variables explicativas con respecto a la variable dependiente (eficiencia).

En la anterior sección se detalló a aquellas variables que fueron extraídas para el correspondiente análisis de segunda etapa. La especificación de dichas variables para el presente trabajo fueron: Población Total en número total de población residente, Densidad Poblacional población total por Km<sup>2</sup>, para Población de 5 años y más con estudios técnicos con primaria terminada, con normal básica y con doctorado en número de personas totales para cada especificación, grado promedio es el promedio de años de escolaridad alcanzados por las personas de 15 años y más, Sucursales Bancarias en número de estas en municipio, Médicos en número de médicos por cada 1000 Habs., PIB Total en pesos corrientes, Tipo de

municipio es una variable dummy y población total con derechos a servicios de salud y a seguro popular.

Para la estimación econométrica de los parámetros relevantes se especificaron los siguientes modelos de forma funcional lineal.

$$\begin{aligned}
 (1) \quad IE_i = & \beta_0 + \beta_1 \text{DensidadPoblacional} + \beta_2 \text{GradoEscolar} + \beta_3 \text{Medicos} \\
 & + \beta_4 \text{Urbano Grande} + \beta_5 \text{P5ymasconNormal} \\
 & + \beta_6 \text{P5ymasDotorado} + \beta_7 \text{SemiUrbano} + \beta_8 \text{PIB} \\
 & + \beta_9 \text{Pconderechoss} + \varepsilon_i
 \end{aligned}$$

A excepción de las variables Urbano Grande y Semi-Urbano; las cuáles son variables dummy (Urbano Grande = 1 otra caracterización es cero; Semi-Urbano = 1, otra caracterización es cero). Las restantes variables son de tipo continuas.

### 5.8 Estimación

Para el trabajo de PCA y su correspondiente estimación de índice de producción se utilizó paquete estadístico SPSS 17, cabe señalar que primero se discriminó a aquellas variables que presenten alto grado de correlación entre sí. Berenson, Levine, y Krehbiel (2012: 127 - 130) señala que un alto grado de asociación se presenta cuando el coeficiente de correlación es mayor a 0.8 o menor a -0.8. Un grado alto de correlación entre variables implica presentar problemas de multicolinealidad, por esta razón se recomienda eliminar variables con alto grado de correlación. Así, si se presenta entre alguna o algunas variables con alta correlación, se procede a eliminar una o algunas variables de tal manera que solo quedaría una sola variable; la cual por una parte capta la relación entre las variables con un

grado alto de correlación y por otra, presenta una relevancia significativa en cuanto a lo expuesto por la teoría.

Siguiendo este criterio, se eliminaron variables, arrojándose un grupo de 30 variables a aplicar técnica de PCA. Cabe señalar, que en el análisis de correlación se utilizó paquete Statistica 8.0, a este mismo paquete se recurrió para estandarizar las variables por medio de una transformación Box-Cox.

Para trabajo de estimación de índice de eficiencia se desarrolló por medio del paquete Win4Deap. En lo concerniente al análisis econométrico clásico se aplicó el paquete Eviews 8.1. Para lo referente al análisis espacial se utilizó el software Geoda 1.12 y para un análisis de regresión geográficamente ponderada se usó software GWR4.

Como se señaló, se estimaron coeficientes de correlación entre variables para obtener índice producción y a su vez obtener índice de eficiencia. En una primera etapa se efectuó un análisis exploratorio para determinar el poder explicativo de las diversas variables seleccionadas como explicatorias, se observaron los coeficientes de determinación ajustados ( $R^2$ ), así como las pruebas “t” y “F”. En base a estos resultados se eligió estimar la relación expresada previamente en el modelo (1) presentado en la sección anterior, por ser el de mejor ajuste.

Una vez definido el modelo se procede a efectuar un análisis gráfico de los residuales. Puesto que los datos son de corte transversal se tuvo la sospecha de la presencia de heterocedasticidad. Se llevaron a cabo pruebas de White y Park-Glejser que resultaron significativas al 5% y 10% por lo que la estimación final de los modelos se efectuó por

mínimos cuadrados corrigiendo para heterocedasticidad mediante la estimación de la matriz de covarianza consistente-heterocedástica de White (1980).

Para el análisis de regresión espacial se procede a estimar línea de regresión y comprobar normalidad en la distribución de los errores, así como diagnóstico de heterocedasticidad. Además, estimar dependencia espacial y rezago espacial.

### *5.9 Resumen*

Este Quinto capítulo de esta investigación, se enfoca a la construcción de modelos que expliquen el nivel de eficiencia de los municipios. En un inicio, se detalla el enfoque de investigación a desarrollar, así como la fuente de información de esta misma. Se especifica que se analizan 345 observaciones (municipios) correspondientes a 56 ZMM.

Se explican las etapas de desarrollo de este estudio, se empieza con la selección de variables tendientes a la construcción del índice de eficiencia. Primeramente, se señalan las investigaciones efectuadas en esta área, se hace un resumen de las principales variables utilizadas en análisis de eficiencia. Se concluye, seguir modelos planteados por Afonso, Schuknecht y Vito Tanzi (2005) y Afonso y Fernandes (2006 y 2008), en donde se construye índice de producción y se consigue índice de eficiencia, teniendo a la variable gasto total como variable insumo.

Además, este mismo capítulo especifica la orientación del índice de eficiencia, se establece que dado las características de este estudio, la orientación es hacia los insumos. Aunado a esto, se establecen limitaciones de la misma metodología de investigación, valores cero y negativos y su correspondiente solución.



Se desarrolla metodología de análisis multivariante (FA y PCA), esto para la obtención de índice de producción con fines de obtención de índice de eficiencia. Se establece, para la construcción de índice de producción se obtendrán de análisis PCA.

Por su parte, el análisis de regresión se seguirá análisis de MCO, siendo el principal tipo de regresión de tipo Tobit. En el cuerpo de este capítulo, se comenta por qué no utilizar dicho procedimiento.

### *5.10 Bibliografía*

Adler, Nicole and Boaz Golany (2001). "Evaluation of deregulated airline networks using data envelopment analysis combined with principal components analysis with an application to Western Europe". *European Journal of Operational Research* 132 (2001) 260-273.

\_\_\_\_\_ (2007). "PCA-DEA Reducing the curse of dimensionality". En: Joe Zhu and Wade D. Cook (Edited), *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*. USA Springer. Chapter 8, pp. 139-153.

Afonso, Antonio and Miguel St. Aubyn (2004). "Non-parametric Approaches to Public Education and Health Efficiency in OECD Countries". Working Paper No. 1/2004/DE/CISEP/UECE/ISEG-UTL.

Afonso, António, Ludger Schuknecht, and Vito Tanzi (2005). "Public sector efficiency: An International comparison". *Public Choice* (2005) 123: 321-347.

\_\_\_\_\_ (2006). "Public Sector Efficiency: Evidence for New EU Member States and Emerging Markets". *European Central Bank Eurosystem*, Working Paper No. 581, January 2006.

Afonso, António and Sónia Fernandes (2006). "Measuring Local Government Spending Efficiency: Evidence for the Lisbon Region". *Regional Studies*, Vol. 40.1, pp. 39-53, February 2006.

\_\_\_\_\_ (2008). "Assessing and explaining the relative efficiency of local government". *The Journal of Socio-Economics* 37 (2008), pp. 1946-1979.

Afonso, António, Ludger Schuknecht, and Vito Tanzi (2008). "Income Distribution Determinants and Public Spending Efficiency". *European Central Bank Eurosystem*, Working Paper No. 861, January 2008.

Ali, Agha Iqbal and Lawrence Seiford (1990). Translation Invariance in Data Envelopment Analysis. *Operations Research Letters*, 9 (1990), 403-405. North-Holland. November 1990.

Balaguer-Coll, María Teresa, Diego Prior-Jiménez, and Emili Tortosa-Ausina (2004). On the Determinants of Local Government Performance: A Two Stage NonParametric Approach. *Working Paper, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas, S.A.* Primera Edición Enero 2004, Depósito Legal V-516-2004.

Banker, R. D., A. Charnes, and W.W. Cooper (1984). “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”. *Management Science* 30:9 (September), 1078-1092.

Berenson, Mark L., David M. Levine, and Timothy C. Krehbiel (2012). Basic Business Statistics: Concepts and Applications. Prentice Hall Education. Twelve Edition.

Brown, Rayna (2006). *Mismanagment or mismeasuremet? Pitfalls and protocols for DEA studies in the financial services sector*. *European Journal of Operational Research* 174 (2006) 1100-1116.

Cárdenas Rodríguez, Oscar Javier y Jorge Alberto Ávila Abud (2012). “El impacto de las transferencias condicionadas en la eficiencia técnica de las entidades federativas”. *Finanzas Públicas, Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP) Congreso de la Unión*, Volumen 4, Número 8. México 2012. ISSN: 2007-154X.

Charnes, A., W.W. Cooper, B. Golany, L. Seiford, and J. Stutz (1985). “Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopman Efficient Empirical Productions Functions”. *Journal of Econometrics* 30 (1985), 91-107. North-Holland.

Charnes, A., W.W. Cooper, and E. Rhodes (1978). “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.

De Borger, Bruno and Kristiaan Kerstens (1996b). “Radial and Nonradial Measures of Technical Efficiency: An Empirical Illustration for Belgian Local Governments using and FDH Reference Technology”. *The Journal of Productivity Analysis*, 7, pp. 41-62.

Dyson, R.G., R. Allen, A.S. Camanho, V.V. Podinovski, C.S. Sarrico, and E.A. Shale (2001). Pitfalls and Protocols in DEA. *European Journal of Operational Research* 132 (2001) 245-259.

Fang, ChuangLin, XingLiang Guan, ShaSha Lu, Min Zhou, and Yu Deng (2013). “Input-Output Efficiency of Urban Agglomerations in China: An Application of Data Envelopment Analysis (DEA)”. *Urban Studies* Vol. 50 (15) pp. 1-25, 2013.

Hair Jr. Joseph F., William C. Black, Barry J. Babin, and Rolph E. Anderson (2014). *Multivariate Data Analysis 7e*. Pearson New International Edition.

Herrera Catalán, Pedro y Ramiro Málaga Ortega (2007). “Indicadores de Desempeño y Capacidades de Gestión: Una Aproximación al Análisis de la Eficiencia Municipal en el Marco del Proceso de Descentralización”. *Consortio de Investigación Económica y Social*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Economía, Lima, Perú.

Hoff, Ayoe (2007). Second stage DEA: Comparison of approaches for modelling the DEA score. *European Journal of Operational Research* 181 (2007) 425-435.

Huguenin, Jean-Marc (2013). Data Envelopment Analysis. En: Alesion Ishizaka and Philippe Nemery, *Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software*. John Wiley & Sons, Ltd. 2013. Chapter 10, pp. 235-274.

Jin Lim, Dong (2007). *A Comparative Study of Performance Measurement in Korean Local Governments Using Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis*. Tesis Doctoral Published, Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Arlington. December, 2007.

Kardíyen Filiz and H. Hasan Örkücü (2006). “The Comparison of Principal Component Analysis and Data Envelopment Analysis in Ranking of Decision Making Units”. *G.U. Journal of Science* 19 (2): 127-133 (2006).

Kuosmanen, Timo (2002). Modeling Blank Data Entries in Data Envelopment Analysis. Wageningen University. Department of Social Sciences. Working Paper, 1-11

Loikkanen, Heikki and Ilkka Susiluoto (2006). “Cost Efficiency of Finnish Municipalities in Basic Service Provision 1994-2002”. *Helsinki Center of Economic Research (HECER)*, Discussion Paper No. 96, February 2006. ISSN 1795-0562.

Lovell, C.A. Knox and Jesús T. Pastor (1995). Units invariant and translation invariant DEA models. *Operations Research Letters* 18 (1995) 147-151.

McDonald, John (2009). Using least squares and tobit in second stage DEA efficiency analyses. *European Journal of Operational Research* 197 (2009) 792-798.

Montgomery, Douglas C., George C. Runger and Norma Faris Hubele (2012). *Engineering Statistics Fifth Edition*. John Wiley & Sons, Inc.

Morais, Paulo and Ana S. Camanho (2011). "Evaluation of performance of European cities with the aim to promote quality of life improvements". *Omega*, 39 (2011), pp. 398-409.

Ogneva-Himmelberger, Yelena, Rahul Rakshit, and Hamil Pearsall (2013). "Examining the Impact of Environmental Factors on Quality of Life Across Massachusetts". *The Professional Geographer*, Volume 65, Issue 2, 2013, 187-204.

Pastor, Jesús T. (1996). Translation invariance in data envelopment analysis: A generalization. *Annals of Operation Research* April 1996, Volume 66, Issue 2, pp 91-102.

Pastor, Jesús T., José L. Ruiz and Inmacuada Sirvent (1999). "A statistical test for detecting influential observations in DEA", *European Journal of Operational Research*, 115 (1999), pp. 542-554.

Pituch, Keenan A. and James P. Stevens (2016). *Applied multivariate statistics for the social sciences* Sixth Edition. Routledge Taylor & Francis Group.

Premachandra, I.M. (2001). "A note on DEA vs principal component analysis: An improvement to Joe Zhu's approach". *European Journal of Operational Research* Volumen 132, Issue 3, 1 August 2001, Pages 553-560.

Rencher, Alvin C. and William F. Christensen (2012). *Methods of Multivariate Analysis* Third Edition. Wiley A John Wiley & Sons, Inc. Publication.

Sampaio de Sousa, Maria Da Conceicao y Borko Stosic (2005). “Technical Efficiency of the Brazilian Municipalities: Correcting NonParametric Frontier Measurements for Outliers”, *Journal of Productivity Analysis*, 24, pp. 157-181.

Sarkis, Joe (2007). Preparing Your Data For DEA. En: Joe Zhu and Wade D. Cook Eds. *Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis*. Springer 2007. Chapter 17, pp. 305-320.

SEDESOL, INEGI y CONAPO (2007). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2005*. Primera Edición Noviembre 2007. México, D.F.

Serrano, Cinca and Mar Molinero (2004). “Selecting DEA Specifications and Ranking Units via PCA”. *Journal of the Operational Research Society* 2004 Vol. 55 (5): 521-528.



Smirlis, Yannis, Elias K. Maragos and Dimitris K. Despotis (2006). Data envelopment analysis with missing values: An interval DEA approach. *Applied Mathematics and Computation*. 177 (2006) 1-10.

Tabachnick, Barbara G. and Linda S. Fidell (2013). *Using Multivariate Statistics Sixth Edition*. Pearson Education, Inc.

Tofallis, Christopher (2001). Combining two approaches to efficiency assessment. *Journal of the Operational Research Society* (2001) 52, 1225-1231.

Vargas, Claudina and Dennis Bricker (2000). “Combining DEA and factor analysis to improve evaluation of academic departments given uncertainty about the output constructs”. Working Paper, Department of Industrial Engineering, University of Iowa, Iowa City, April.

White, Halbert (1980). A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica*, Volume 48, Issue 4 (May, 1980), 817-838.

Wooldridge, Jeffrey M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data Second Edition* The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, UK.

Wooldridge, Jeffrey M. (2015). *Introductory Econometrics A Modern Approach* Sixth Edition Cengage Learning

Worthington, Andrew C. and Brian E. Dollery (2000b). “Efficiency Measurement in the Local Sector: Econometric and Mathematical Programming Frontier Techniques”, Discussion Papers in Economic, Finance and International Competitiveness, School of Economics and Finance. Queensland University of Technology, No. 78. 1-21.

Zhu, Joe (1998). “Data envelopment analysis vs. principal component analysis: An illustrative study of economic performance of Chinese cities”. *European Journal of Operational Research* 111 (1998) 50-61.

## CAPÍTULO VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se verán los resultados obtenidos de las distintas etapas desarrolladas en el curso de esta investigación, descritas en capítulos anteriores. Además, se discutirán estos resultados.

Se explican cada uno de los modelos obtenidos PCA, índice de Producción, índice de eficiencia, regresión lineal múltiple (MCO) y regresión espacial. Se comparan los resultados obtenidos por el modelo MCO y espacial.

### *6.1 PCA*

Se planteó en el capítulo anterior el uso de análisis multivariante, el cual tiene por finalidad, principalmente, el reducir número de variables existentes y extraer aquellas variables que representen mayormente a un conjunto de datos. Además, de descubrir cuales variables forman subgrupos coherentes que son relativamente independientes entre sí (Tabachnick y Fidell, 2013: 612)

En la sección 5.6 del capítulo anterior, se establece a 283 variables, de éstas por no contar con todas las observaciones, se eliminan algunas variables, el segundo paso para discriminar entre variables, se utiliza porcedimiento de correlación. Con dicho procedimiento, se alcanzan 30 variables; las cuales cuentan con un grado de correlación entre -0.8 y 0.8 ( $-0.8 \leq r \leq 0.8$ ).

Así, se aplica análisis PCA a estas 30 variables, quedando en un primer análisis 19 variables, en un segundo análisis exploratorio de análisis FA se establece únicamente a 10 variables que representan al conjunto de variables.

Estas 10 variables, se agruparon en dos componentes y representan al 65.09% del total de la Varianza explicada. De estos dos componentes se extraen las principales variables, las cuales conforman a PCA y serán utilizadas en el índice de producción.

Las variables que fueron extraídas son; por orden factorial: población de 6 a 14 años de edad que asiste a la escuela (p6a14\_asistesc), Beneficiarios del programa de abasto social LICONSA, Ocupantes en viviendas habitadas (residentes), Alumnos por profesor secundaria y Ocupantes en viviendas sin agua entubada.

Cabe señalar que por medio de procedimiento Varimax se obtuvieron resultados rotados. De esta manera las cargas que cada variable tiene, se presentan en la siguiente tabla 6.1.

Tabla 6.1.- Matriz de componentes rotados		
	Componente	
	1	2
Alumnos por Profesor Secundaria	.040	.795
Ocupantes en viviendas sin agua entubada	-.206	.597
Porcentaje de la Población que vive en localidades menores a cinco mil habitantes	-.685	.151
Porcentaje de la Población con ingresos menores a dos salarios mínimos	-.716	.423
Ingreso Promedio per cápita anual ajustado en pesos	.735	-.454
Porcentaje de la PEA en el Sector Primario	-.798	.319
p6a14_asistesc	.892	-.026
Beneficiarios del programa de abasto social LICONSA	.804	-.089

ocu_viv_colec	.802	-.103
prom_ocu_dormitorio_vph	-.592	.594

Fuente: Datos Propios, con información de INAFED

Se especificó en el capítulo anterior, por medio de paquete SPSS 17.0 se extrajeron componentes de las 10 variables resultantes. Los resultados fueron aceptables para análisis PCA basado en el valor Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y significancia de la prueba Bartlett de especificidad (0.864 y 0.000; respectivamente). En otras palabras, hay relaciones subyacentes entre las variables (Tabla 6.2).

Tabla 6.2.- KMO y prueba de Bartlett		
Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		.864
Prueba de	Chi-cuadrado aproximado	2213.340
esfericidad	gl	45
de Bartlett	Sig.	.000

Fuente: Datos Propios, con información de INAFED

Una vez que se extrajeron las cinco principales variables se procedió a obtener índice de producción, por medio de PCA. Este índice de producción, se utiliza en un segundo procedimiento para obtener índice de eficiencia por medio de la técnica DEA.

Cabe señalar, que al índice de producción, una vez que se obtuvo se necesitó agregar un valor constante de 6.40, dado que éste índice arroja valores negativos. Se especificó, en la sección 5.4, la técnica DEA no admite valores cero y negativos. Dicho valor añadido, a cada una de las variables, toma en cuenta para que las observaciones con menor valor tengan una puntuación de 0.01 y no violar lo descrito en la sección señalada del capítulo anterior.

## 6.2 Índice de Eficiencia (DEA)

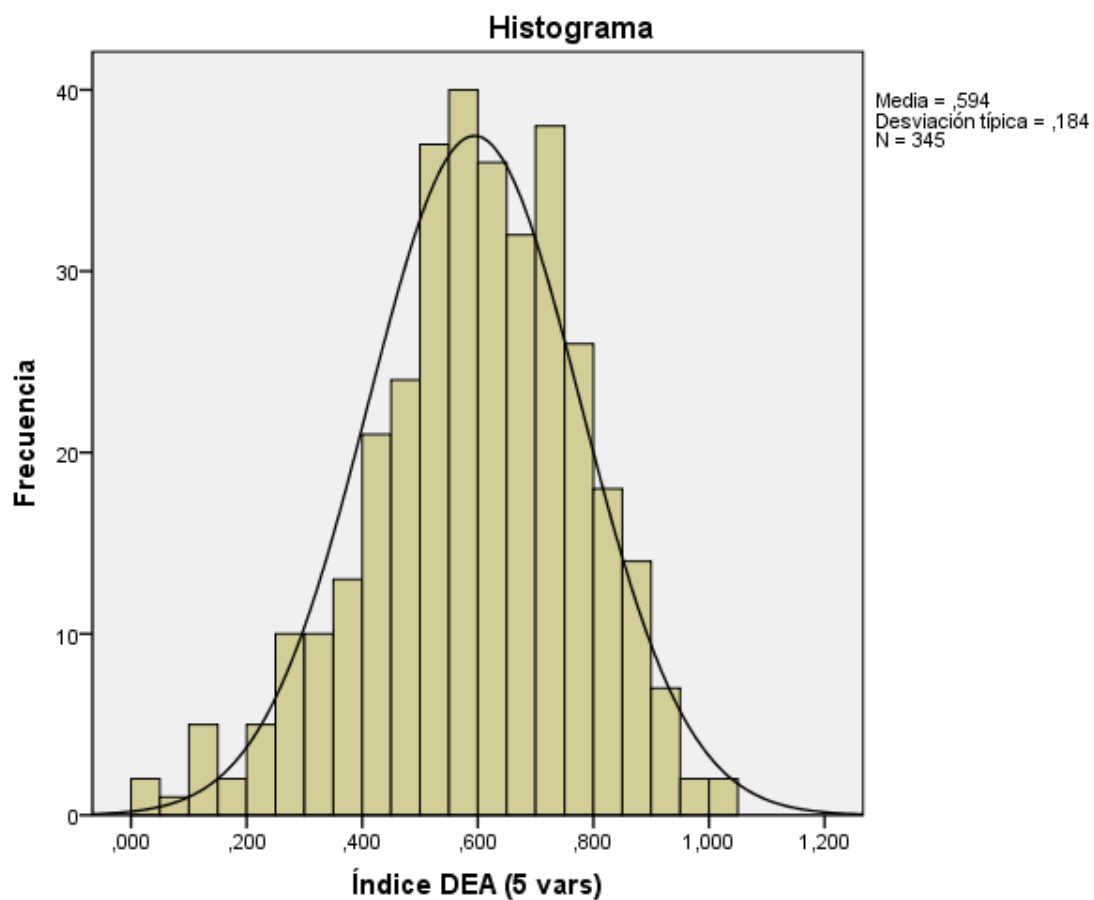
Una vez que se obtuvo índice de producción, se procede a estimar índice de eficiencia por medio de metodología DEA y software Win4Deap. El índice de eficiencia establece un criterio de identificación; esto es, se requiere determinar a aquella (as) variable (s) que son representadas como insumos o productos.

Para esta investigación, como insumo se tiene a la variable Gasto Total Municipal y como producción a índice de producción ya descrito. Se procede a estimar índice de eficiencia con orientación a insumos. Se obtienen los siguientes resultados.

El promedio de eficiencia que se obtuvo fue 0.59427, la desviación estándar resultó en 0.18368, la mediana es 0.6040 y la moda 0.595. Valor mínimo es 0.001 y valor máximo 1.000. Con valor mínimo de eficiencia, 0.001, se tiene al municipio de Santo Domingo Tomaltepec en Oaxaca y con valor máximo de eficiencia se presenta en los municipios Ecatepec de Morelos y Santa Cruz Xoxocoatlán en Estado de México y Oaxaca; respectivamente.

La siguiente gráfica, gráfica 6.1, contempla los intervalos de confianza y se construye histograma de frecuencia. Se aprecia una distribución simétrica entre las frecuencias de cada intervalo de clase. Además, se observa la mayoría de las observaciones se concentra en el rango 0.400 y 0.800 de eficiencia en cada DMU o municipio.

Gráfica 6.1.- Histograma de Índice de Eficiencia



La siguiente tabla, Tabla 6.3, describe los niveles de eficiencia alcanzados por cada municipio, correspondientes a la muestra de 345 observaciones de las ZMM.

Municipio	Índice DEA	Municipio	Índice DEA	Municipio	Índice DEA
Aguascalientes	0.768	Coyuca de Benítez	0.708	Tlaltenango	0.595
Jesús María	0.583	Epazoyucan	0.513	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	0.465
San Francisco de los Romo	0.419	Mineral del Monte	0.498	Mazatecochco de José María Morelos	0.294
Tecate	0.705	Pachuca de Soto	0.746	Tepetitla de Lardizábal	0.454
Tijuana	0.859	Mineral de la Reforma	0.477	Acuamanala de Miguel Hidalgo	0.264
Playas de Rosarito	0.636	San Agustín Tlaxiaca	0.574	Nativitas	0.481
Mexicali	0.735	Zapotlán de Juárez	0.423	San Pablo del Monte	0.673
Matamoros	0.574	Zempoala	0.595	Tenancingo	0.298
Torreón	0.628	Cuautepec de Hinojosa	0.638	Teolocholco	0.387
Gómez Palacio	0.595	Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero	0.496	Tepeyanco	0.371
Lerdo	0.520	Tulancingo de Bravo	0.718	Tetlatlahuca	0.250
Arteaga	0.433	Atitalaquia	0.372	Papalotla de Xicohténcatl	0.431
Ramos Arizpe	0.522	Atotonilco de Tula	0.536	Xicohtzinco	0.438
Saltillo	0.758	Tlahuelilpan	0.377	Zacatelco	0.506
Castaños	0.526	Tlaxcoapan	0.347	San Jerónimo Zacualpan	0.128
Frontera	0.581	Tula de Allende	0.714	San Juan Huactzinco	0.324
Monclova	0.718	Guadalajara	0.613	San Lorenzo Axocomanitla	0.242
Nava	0.536	Ixtlahuacán de los Membrillos	0.224	Santa Ana Nopalucan	0.339
Piedras Negras	0.642	Juanacatlán	0.126	Santa Apolonia Teacalco	0.149
Colima	0.592	El Salto	0.496	Santa Catarina Ayometla	0.396
Comala	0.464	Tlajomulco de Zúñiga	0.516	Santa Cruz Quilehtla	0.197
Coquimatlán	0.296	Tlaquepaque	0.650	Santiago Miahuatlán	0.484
Cuauhtémoc	0.402	Tonalá	0.736	Tehuacán	0.774
Villa de Álvarez	0.499	Zapopan	0.693	Corregidora	0.657
Armería	0.436	Puerto Vallarta	0.340	Huimilpan	0.668
Tecomán	0.554	Bahía de Banderas	0.538	El Marqués	0.671
Chiapa de Corzo	0.692	Ocotlán	0.475	Querétaro	0.834
Tuxtla Gutiérrez	0.893	Poncitlán	0.350	Isla Mujeres	0.535



Juárez	0.824	Almoleya de Juárez	0.835	Benito Juárez	0.719
Aldama	0.581	Calimaya	0.616	San Luis Potosí	0.749
Aquiles Serdán	0.425	Chapultepec	0.315	Soledad de Graciano Sánchez	0.683
Chihuahua	0.777	Lerma	0.732	Ciudad Fernández	0.496
Azcapotzalco	0.672	Metepec	0.617	Rioverde	0.654
Coyoacán	0.687	Mexicaltzingo	0.500	Empalme	0.600
Cuajimalpa de Morelos	0.689	Ocoyoacac	0.624	Guaymas	0.777
Gustavo A. Madero	0.865	Otzolotepec	0.638	Centro	0.785
Iztacalco	0.636	Rayón	0.406	Nacajuca	0.654
Iztapalapa	0.941	San Antonio la Isla	0.419	Altamira	0.685
La Magdalena Contreras	0.759	San Mateo Atenco	0.766	Ciudad Madero	0.564
Milpa Alta	0.670	Toluca	0.815	Tampico	0.590
Álvaro Obregón	0.800	Xonacatlán	0.594	Pánuco	0.575
Tláhuac	0.770	Zinacantepec	0.800	Pueblo Viejo	0.446
Tlalpan	0.895	Morelia	0.827	Reynosa	0.757
Xochimilco	0.886	Tarímbaro	0.669	Río Bravo	0.572
Benito Juárez	0.534	Jacona	0.604	Matamoros	0.752
Cuauhtémoc	0.628	Zamora	0.789	Nuevo Laredo	0.690
Miguel Hidalgo	0.596	Pénjamo	0.710	Amaxac de Guerrero	0.224
Venustiano Carranza	0.613	La Piedad	0.733	Apetatitlán de Antonio Carvajal	0.408
Tizayuca	0.613	Cuernavaca	0.773	Apizaco	0.567
Acolman	0.771	Emiliano Zapata	0.785	Cuaxomulco	0.245
Amecameca	0.523	Huitzilac	0.663	Chiautempan	0.523
Apaxco	0.584	Jiutepec	0.869	Contla de Juan Cuamatzi	0.482
Atenco	0.724	Temixco	0.867	Panotla	0.513
Atizapán de Zaragoza	0.804	Tepoztlán	0.723	Santa Cruz Tlaxcala	0.401
Atlautla	0.538	Xochitepec	0.971	Tetla de la Solidaridad	0.542
Axapusco	0.515	Atlatlahucan	0.469	Tlaxcala	0.597
Ayapango	0.279	Ayala	0.755	Tocatlán	0.148

Coacalco de Berriozábal	0.713	Cuautla	0.876	Totolac	0.534
Cocotitlán	0.465	Tlayacapan	0.639	Tzompantepec	0.501
Coyotepec	0.716	Yautepec	0.754	Xaloztoc	0.445
Cuautitlán	0.738	Yecapixtla	0.751	Yauhquemehcan	0.563
Chalco	0.916	Xalisco	0.513	La Magdalena Tlaltelulco	0.412
Chiautla	0.497	Tepic	0.710	San Damián Texóloc	0.032
Chicoloapan	0.828	Apodaca	0.707	San Francisco Tetlanohcan	0.280
Chiconcuac	0.505	Cadereyta Jiménez	0.654	Santa Isabel Xiloxotla	0.305
Chimalhuacán	0.929	García	0.606	Alvarado	0.669
Ecatepec de Morelos	1.000	San Pedro Garza García	0.432	Boca del Río	0.583
Ecatzingo	0.427	Gral. Escobedo	0.700	Medellín	0.697
Huehuetoca	0.563	Guadalupe	0.674	Veracruz	0.808
Hueypoxtla	0.569	Juárez	0.733	Banderilla	0.747
Huixquilucan	0.759	Monterrey	0.742	Coatepec	0.636
Isidro Fabela	0.273	Salinas Victoria	0.548	Emiliano Zapata	0.553
Ixtapaluca	0.899	San Nicolás de los Garza	0.555	Xalapa	0.728
Jaltenco	0.493	Santa Catarina	0.654	Jilotepec	0.604
Jilotzingo	0.446	Santiago	0.574	Rafael Lucio	0.387
Juchitepec	0.566	Oaxaca de Juárez	0.804	Tlalnahuayocan	0.517
Melchor Ocampo	0.570	San Agustín de las Juntas	0.337	Cazones de Herrera	0.677
Naucalpan de Juárez	0.864	San Agustín Yatareni	0.060	Coatzintla	0.558
Nezahualcóyotl	0.903	San Andrés Huayápam	0.524	Papantla	0.675
Nextlalpan	0.550	San Antonio de la Cal	0.734	Poza Rica de Hidalgo	0.731
Nicolás Romero	0.895	San Bartolo Coyotepec	0.705	Tehuacán	0.710
Nopaltepec	0.290	San Jacinto Amilpas	0.502	Atzacan	0.720
Otumba	0.643	Ánimas Trujano	0.487	Camerino Z. Mendoza	0.440
Ozumba	0.523	San Lorenzo Cacaotepec	0.699	Huiloapan de Cuauhtémoc	0.390
Papalotla	0.277	San Pablo Etla	0.517	Ixhuatlancillo	0.571
La Paz	0.798	San Sebastián Tutla	0.609	Ixtaczoquitlán	0.648

San Martín de las Pirámides	0.458	Santa Cruz Amilpas	0.628	Mariano Escobedo	0.627
Tecámac	0.769	Santa Cruz Xoxocotlán	1.000	Nogales	0.395
Temamatla	0.550	Santa Lucía del Camino	0.934	Orizaba	0.621
Temascalapa	0.609	Santa María Atzompa	0.922	Rafael Delgado	0.611
Tenango del Aire	0.302	Santa María Coyotepec	0.101	Río Blanco	0.382
Teoloyucan	0.735	Santa María del Tule	0.571	Tlilapan	0.410
Teotihuacán	0.635	Santo Domingo Tomaltepec	0.001	Cosoleacaque	0.797
Tepetlaoxtoc	0.404	Tlalixtac de Cabrera	0.537	Chinameca	0.532
Tepetlixpa	0.384	Villa de Zaachila	0.808	Jáltipan	0.649
Tepotzotlán	0.683	Salina Cruz	0.755	Minatitlán	0.740
Tequixquiac	0.508	San Blas Atempa	0.569	Oteapan	0.595
Texcoco	0.839	Santo Domingo Tehuantepec	0.824	Zaragoza	0.590
Tezoyuca	0.617	Amozoc	0.887	Coatzacoalcos	0.768
Tlalmanalco	0.644	Coronango	0.537	Ixhuatlán del Sureste	0.354
Tlalnepantla de Baz	0.884	Cuautlancingo	0.630	Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	0.378
Tultepec	0.735	Chiautzingo	0.462	Amatlán de los Reyes	0.780
Tultitlán	0.855	Domingo Arenas	0.360	Córdoba	0.723
Villa del Carbón	0.587	Huejotzingo	0.662	Fortín	0.614
Zumpango	0.713	Juan C. Bonilla	0.601	Yanga	0.546
Cuautitlán Izcalli	0.834	Ocoyucan	0.469	Acayucan	0.750
Valle de Chalco Solidaridad	0.813	Puebla	0.838	Oluta	0.703
Tonanitla	0.222	San Andrés Cholula	0.611	Soconusco	0.613
León	0.958	San Felipe Teotlalcingo	0.514	Conkal	0.450
Silao	0.820	San Gregorio Atzompa	0.464	Kanasín	0.558
Purísima del Rincón	0.518	San Martín Texmelucan	0.712	Mérida	0.739
San Francisco del Rincón	0.676	San Miguel Xoxtla	0.689	Ucú	0.184
Moroleón	0.457	San Pedro Cholula	0.702	Umán	0.521
Uriangato	0.566	San Salvador el Verde	0.547	Guadalupe	0.657
Acapulco de Juárez	0.935	Tepatlatxco de Hidalgo	0.312	Zacatecas	0.601

### 6.3 Regresión Clásica

La función estimada por MCO para la eficiencia se presenta a continuación, además se presenta, error estándar, prueba t y significancia. Resultados obtenidos por software Eviews 8.1.

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Estadístico t	Significancia
Constante	-3.788	0.697	-5.432	0.000
Densidad Poblacional	0.014	0.005	2.642	0.008
Grado Escolar	-0.010	0.003	-2.863	0.004
Médicos por 1000 Habs.	0.358	0.065	5.437	0.000
Urbano Grande	0.020	0.017	1.143	0.253
P5ymas_normal_básica	-0.004	0.005	-0.859	0.390
P5ymas_doctorado	-0.037	0.008	-4.516	0.000
Semi_urbano	0.001	0.021	0.083	0.933
PIB	-0.004	0.018	-0.231	0.817
P_con_derecho_ss	0.002	0.001	1.123	0.261

$$R^2 = 0.581476; R_{Ajustado}^2 = 0.570232; F_c = 51.71458; F_{9,345}^{0.05} = 1.88$$

Dada la naturaleza de los datos, se procedió enseguida a efectuar pruebas estadísticas para detectar la posible presencia de heterocedasticidad en el anterior modelo. Dado que no se estableció cuál de las variables explicativas continuas o discretas está asociada con la

posible presencia de heterocedasticidad, se procedió a efectuar las pruebas de White y Parks-Glejser, las cuales a continuación se detallan.

Una prueba estadística que se basa en la composición de la varianza muestral de los estimadores mínimo cuadrático ordinario bajo homocedasticidad y bajo heterocedasticidad es la prueba de White, que en el presente trabajo resultó significativa.

$$nR_W^2 \sim \chi_p^2$$

En donde, n es el número de observaciones,  $R_W^2$  es el coeficiente de determinación de correr los residuales al cuadrado (como variable dependiente) y las variables densidad poblacional, grado escolar, médicos, tipo de municipio (Urbano Grande y Semi-Urbano), Población de 5 años y más con normal básica y con doctorado, PIB y población total con derechohabencia a servicios de salud.

$$nR_W^2 = (345)(0.2001) = 69.03453$$

$$\chi_p^2 = \chi_{0.05,10}^2 = 18.31$$

$$\chi_p^2 = \chi_{0.01,10}^2 = 23.21$$

Puesto que  $\chi^2$  calculada es mayor que  $\chi^2$  de tablas, se rechaza la hipótesis nula en el nivel de 5% y 1%.

En un intento de especificar la forma de la heterocedasticidad, se aplicó también la prueba Park-Glejser para complementar los resultados arriba obtenidos. Se confirmó nuevamente que se tiene problemas de heterocedasticidad con los datos utilizados ya que la prueba de F resultó significativa.

$$\text{Obs} \cdot R^2 = 23.60820$$

$$\chi_p^2 = \chi_{0.05,9}^2 = 16.92$$

$$\chi_p^2 = \chi_{0.01,10}^2 = 21.67$$

$$F_{\text{calculada}} = 2.7342; F_{9,335} = 1.27$$

En virtud de los resultados contundentes de la presencia de heterocedasticidad, se optó por el método de White para efectuar la corrección, mediante la estimación de una matriz consistente heterocedástica. Los resultados de los modelos estimados ya corregidos para heterocedasticidad son:

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico t	Significancia
Constante	-3.7880	0.7656	-4.9472	0.0000
Densidad Poblacional	0.0145	0.0049	2.9219	0.0037
Grado Escolar	-0.0100	0.0035	-2.8400	0.0048
Médicos por 1000 Habs.	0.3585	0.0739	4.8454	0.0000
Urbano Grande	0.0202	0.0181	1.1185	0.2641
P5ymas_normal_básica	-0.0044	0.0051	-0.8695	0.3852
P5ymas_doctorado	-0.0374	0.0086	-4.3076	0.0000
Semi_urbano	0.0017	0.0214	0.0820	0.9347
PIB	-0.0041	0.0215	-0.1929	0.8471
P_con_derecho_ss	0.0020	0.0017	1.1720	0.2420

$$R^2 = 0.581476; R_{\text{Ajustada}}^2 = 0.570232; F_C = 51.71458; F_{9,345}^{0.05} = 1.88$$

## *6.4 Análisis Espacial*

### *6.4.1 Autocorrelación Espacial*

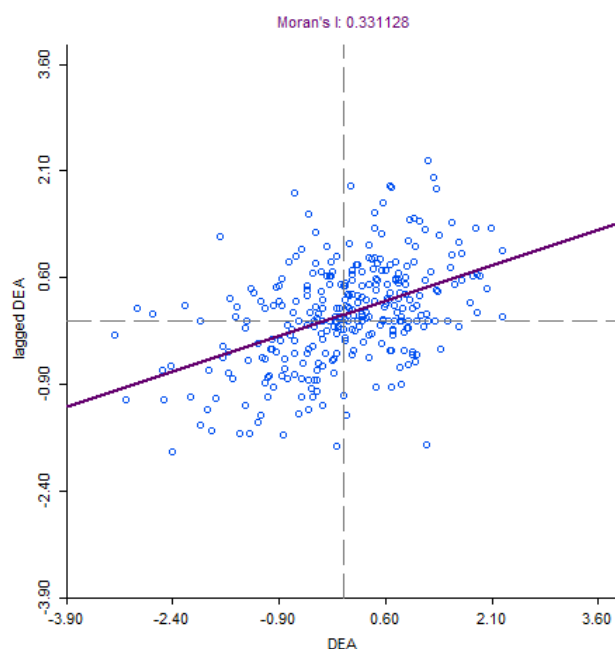
La autocorrelación espacial es un procedimiento intrínsecamente geográfico que se enfoca en el comportamiento de la información georeferenciada a diferentes escalas, en particular el tipo de asociación existente entre unidades espaciales vecinas. Las características socioeconómicas y ambientales propias de la Geografía tienden a mostrar cierto grado de similitud, ya que a menos que existan factores de ruptura o de discontinuidad muy marcados, la situación normalmente esperable sería la de cierta homogeneidad espacial. En general, se acepta que una variable a través de un mapa, es decir un patrón en el comportamiento de la variable según la ubicación geográfica del dato. Si los valores altos de una localización están asociados con valores altos en los vecinos, la autocorrelación espacial es positiva siendo la situación opuesta la autocorrelación espacial negativa (Cepeda y Velázquez; 2005: 54).

Dicha autocorrelación espacial, permite identificar patrones de eficiencia en los municipios que componen a las ZMM. Dicha aplicación se hace a través del Indicador Local de Autocorrelación Espacial (LISA) el cual analiza que el espacio geográfico en donde se distribuye la variable índice de eficiencia sea heterogéneo. Al proceder a medir la heterogeneidad del espacio, es posible identificar lugares especiales en donde se presenta una concentración de altos y bajos niveles de eficiencia.

El análisis desarrollado, se hizo a través del software Geoda, versión 1.12. Se procede a estimar el Índice I Moran Global, gráfica 6.2. El cuál es determinado en el scatterplot (diagrama de dispersión), se observa que presenta un valor de 0.331128. Este valor indica

autocorrelación espacial positiva; esto es, un valor positivo significa un hot spot; polígono o punto con un alto score tiene otros polígonos o puntos con altos score alrededor de este (Chin, Mun y Wing, 2009: 85). Para este caso, un municipio que presente altos niveles de eficiencia ésta rodeado, también, de otros municipios con altos niveles de eficiencia.

Gráfica 6.2.- Índice de Moral Global



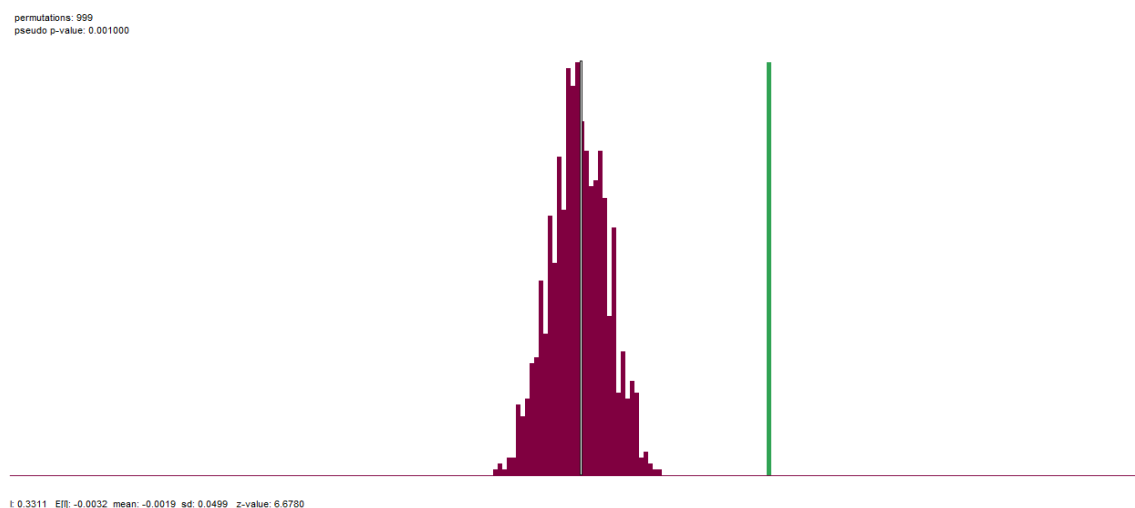
Fuente: Datos Propios

El gráfico 6.2, permite observar que una dispersión en los datos del índice de eficiencia que cada municipio presenta. Sin embargo, se puede establecer que una significativa cantidad de puntos se ubican en el cuadrante I y cuadrante III. El primer cuadrante, implica una autocorrelación positiva tipo alto-alto y el tercer cuadrante implica una autocorrelación positiva bajo-bajo. Sin embargo, la gráfica no permite identificar la localización geográfica de concentraciones del índice de eficiencia.



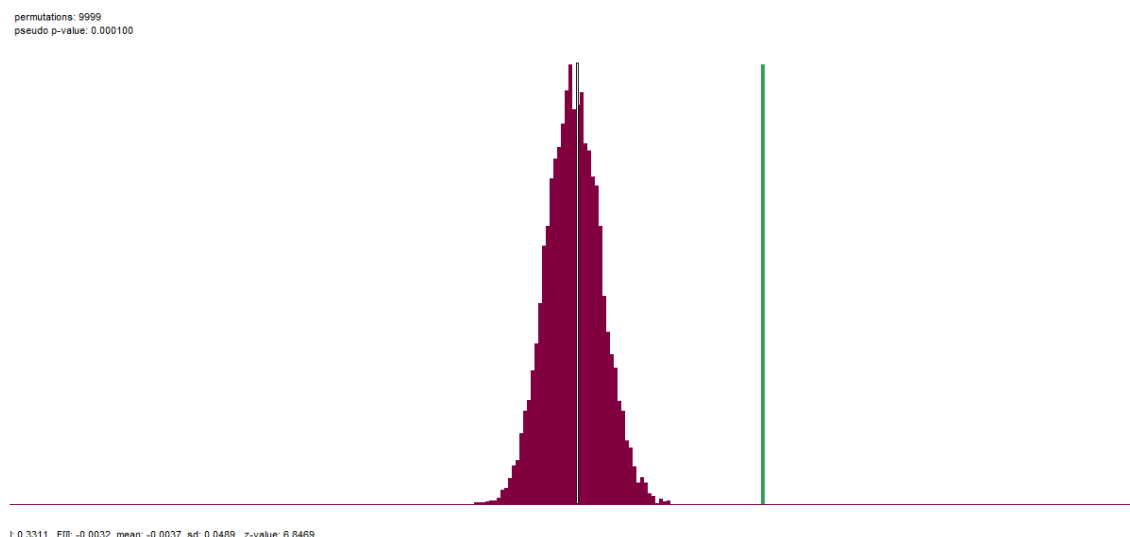
Por otra parte, es necesario evaluar la significancia del estadístico I de Moran Global, cuyo parámetro es denominado p-value. Éste permite revisar a hipótesis nula de no autocorrelación espacial. El software GeoDa utiliza el procedimiento de peritaciones. Al obtener dos opciones 999 y 9999 permutaciones se obtiene p-value de 0.001 y 0.0001; respectivamente. Se concluye que el estadístico de I de Moran Global es estadísticamente significativo, y por lo tanto se rechaza la Hipótesis nula; existe autocorrelación espacial positiva (gráficas 6.3 y 6.4)

Gráfica 6.3.- Distribución de referencia con 999 permutaciones



Fuente: Datos Propios

Gráfica 6.4.- Distribución de referencia con 9999 permutaciones



Fuente: Datos Propios

Para identificar el nivel de significancia del Índice Moran Local (LISA) para cada una de las observaciones espaciales “i”, se determina el Índice Moran local univariado (LISA) y se presentan los mapas de clusters, ver gráficas 6.5 y 6.6. Cabe señalar, que en 224 municipios no existe significancia estadística; en ambos gráficos se observa esto.

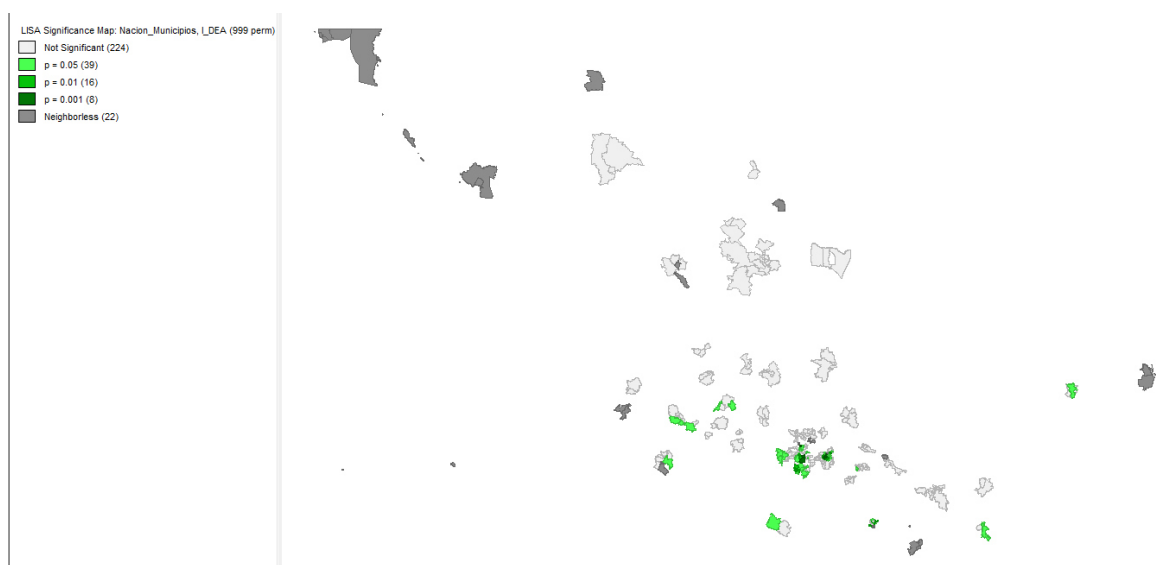
En el caso específico del mapa de significancia estadística, resulta un p-value de 0.05 en 39 municipios, en 16 municipios resulta p-value de 0.01, en 8 municipios se tuvo un p-value de 0.001. Se presenta una mayor frecuencia de municipios con un p-value de 0.05.

Con respecto al mapa de cluster, se aprecia la no existencia de patrones de eficiencia muy bien localizados. Las áreas marcadas en color rojo indican zonas de alto nivel de eficiencia, rodeadas de áreas de eficiencia alto (Alto-Alto) en un total de 26 municipios. Estos cluster se localizan principalmente en el área centro occidental y una parte del sur del país.

Además, resaltan las áreas que presentan un patrón de eficiencia distinto con cluster (Bajo-Alto) que son estadísticamente significativas. Se presenta en 6 municipios este tipo de patrón espacial.

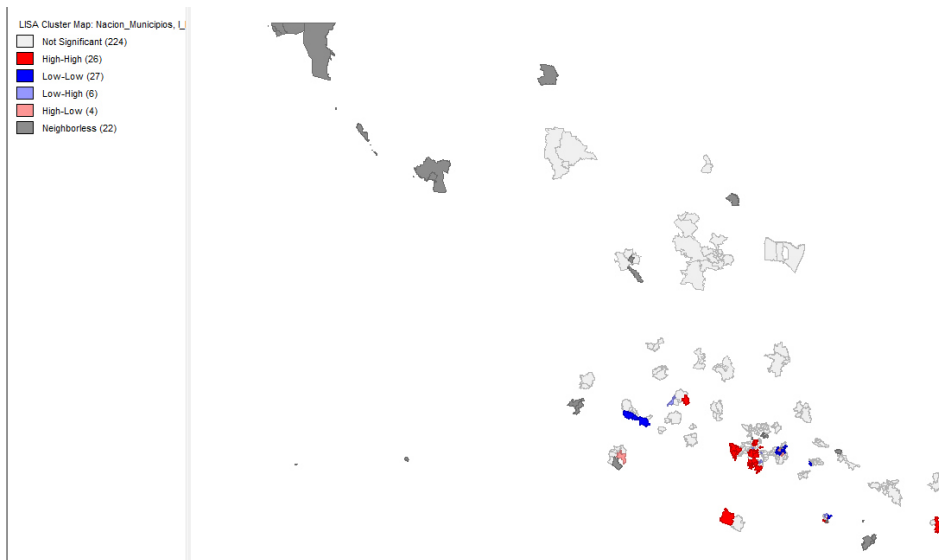
Por otra parte, aunado a la autocorrelación espacial positiva, el patrón de bajo nivel de eficiencia (Bajo-Bajo), este tipo de patrón se presenta en 27 municipios; principalmente en el centro del país.

Gráfica 6.5.- Mapa Espacial de Significancia



Fuente: Datos Propios

Gráfica 6.6.- Mapa Espacial de Patrones de Eficiencia



Fuente: Datos Propios

#### 6.4.2 Regresión Espacial

El propósito general de análisis de regresión lineal es encontrar una relación entre una variable dependiente y una serie de variables independientes. El método de MCO es referido como MELI. El método MCO estima los parámetros  $B$  por minimizar la suma de cuadrados de los errores. Con el fin de obtener propiedades de MELI y desarrollar inferencias estadísticas relativas al coeficiente de regresión lineal poblacional de los estimados  $B$ , ciertos supuestos referentes al error aleatorio del modelo de regresión necesitan hacerse. Estos son:

- Los errores aleatorios tienen media cero
- Los errores aleatorios tienen una constante varianza (homocedasticidad) y no son correlacionados
- Los errores aleatorios siguen una distribución normal.

Estos supuestos no pueden ser siempre satisfechos. Cuando un valor en una locación depende de valores observados por las localidades vecinas, se dice que existe dependencia espacial. Esta dependencia, podría ocurrir por dos factores. Primero, la colección de datos de las observaciones asociadas con unidades espaciales podrían reflejar error de medición. Esto sucede cuando los límites para los cuáles la información es recolectada no refleja la naturaleza del proceso muestral.

Segundo, la dependencia espacial se refleja en la dimensión espacial de una característica social o económica y esta podría ser relevante en el aspecto de una problemática planteada.

Se presentan dos tipos de dependencia espacial: el error espacial y rezago espacial. El error espacial sucede cuando los errores están correlacionados entre sí; la presencia de error espacial en una regresión MCO, resultaría en estimadores ineficientes. Este error espacial es indicativo de covarianzas omitidas que son no atendidas y las cuales afectan la inferencia.

El rezago espacial se presenta cuando la variable dependiente,  $y_i$ , es afectada por variables independientes en distintos lugares ( $x_i, x_j$ ). Si se presenta rezago espacial en una regresión MCO, los supuestos de independencia entre observaciones son violados, así como el término de errores no correlacionados. Como resultado, las estimaciones son sesgadas e ineficientes.

Para el caso particular de esta investigación, se presentan los siguientes resultados. Se procede a estimar ecuación de regresión, por medio de software GeoDa 1.12.

Cuadro 6.1.- Información General de Regresión Espacial

REGRESSION				
-----				
SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION				
Data set	:	Nacion_Municipios		
Dependent Variable	:	DEA	Number of Observations:	309
Mean dependent var	:	0.590696	Number of Variables	: 6
S.D. dependent var	:	0.181926	Degrees of Freedom	: 303
R-squared	:	0.548872	F-statistic	: 73.7301
Adjusted R-squared	:	0.541428	Prob(F-statistic)	: 0
Sum squared residual:		4.6137	Log likelihood	: 211.114
Sigma-square	:	0.0152267	Akaike info criterion	: -410.228
S.E. of regression	:	0.123397	Schwarz criterion	: -387.828
Sigma-square ML	:	0.0149311		
S.E of regression ML:		0.122193		
-----				
Variable	Coefficient	Std.Error	t-Statistic	Probability
-----				
CONSTANT	-3.42022	0.615309	-5.55855	0.00000
DENSIDADPO	0.012838	0.00590624	2.17363	0.03051
GRADO_ESCO	-0.0116563	0.00366315	-3.18205	0.00161
MEDICOS	0.326582	0.0602419	5.42118	0.00000
PSYMAS_DOC	-0.0416656	0.00766011	-5.43929	0.00000
PIB_TOTAL	0.0049362	0.0161706	0.305258	0.76038
-----				

Fuente: Datos Propios

Este cuadro, cuadro 6.1, presenta resultados de información general. Media, desviación estándar, coeficiente de determinación, prueba F y verosimilitud logarítmica. Los parámetros, desviación estándar y significancia, son, también, presentados.

El siguiente cuadro 6.2, presenta diagnósticos de regresión, multicolinealidad y dependencia espacial. En la primera parte, diagnóstico de regresión se prueba la multicolinealidad del modelo, el número de la condición de multicolinealidad es 314.76, indicando colinealidad entre las variables. Por otra parte, el resultado de la significancia en la prueba Jarque-Bera indica la distribución no normal en los errores.

En el diagnóstico de heterocedasticidad se presentan tres pruebas, en las dos primera se tienen bajos valores de significancia por lo cual se establece la presencia de heterocedasticidad, sólo en la prueba de White se tiene una significancia mayor a 5%.

El último diagnóstico, de dependencia espacial, presenta seis pruebas para asegurar la dependencia espacial del modelo. Primero, el índice de Moran es alto, 0.3808, y presenta alta significancia; indicando autocorrelación espacial de los residuales. En el resto de las pruebas, salvo en la prueba robusta LM, todas son significativas.

Cuadro 6.2.- Información General de Diagnósticos Espaciales

REGRESSION DIAGNOSTICS			
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER		314.767871	
TEST ON NORMALITY OF ERRORS			
TEST	DF	VALUE	PROB
Jarque-Bera	2	6.3383	0.04204
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY			
RANDOM COEFFICIENTS			
TEST	DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test	5	18.5525	0.00233
Koenker-Bassett test	5	14.1560	0.01465
SPECIFICATION ROBUST TEST			
TEST	DF	VALUE	PROB
White	20	25.6073	0.17918
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE			
FOR WEIGHT MATRIX : Nacion_Municipios			
(row-standardized weights)			
TEST	MI/DF	VALUE	PROB
Moran's I (error)	0.3808	7.9231	0.00000
Lagrange Multiplier (lag)	1	11.9224	0.00055
Robust LM (lag)	1	0.3827	0.53616
Lagrange Multiplier (error)	1	58.9501	0.00000
Robust LM (error)	1	47.4104	0.00000
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	59.3328	0.00000

Fuente: Datos Propios

A la luz de los resultados, se reestima el modelo con enfoque de máxima verosimilitud para rezago espacial, cuadro 6.3.

Cuadro 6.3.- Información General de Regresión Rezago Espacial

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION

```

Data set      : Nacion_Municipios
Spatial Weight : Nacion_Municipios
Dependent Variable : DEA Number of Observations: 309
Mean dependent var : 0.590696 Number of Variables : 7
S.D. dependent var : 0.181926 Degrees of Freedom : 302
Lag coeff. (Rho) : 0.112421

R-squared      : 0.567618 Log likelihood      : 216.966
Sq. Correlation : - Akaike info criterion : -419.933
Sigma-square    : 0.0143106 Schwarz criterion : -393.8
S.E of regression : 0.119627

```

Variable	Coefficient	Std.Error	z-value	Probability
W_DEA	0.112421	0.0325228	3.45668	0.00055
CONSTANT	-3.37011	0.596932	-5.64571	0.00000
DENSIDADPO	0.00839126	0.00583622	1.43779	0.15049
GRADO_ESCO	-0.0103581	0.00355536	-2.91338	0.00358
MEDICOS	0.318076	0.0584158	5.44504	0.00000
PSYMAS_DOC	-0.0371291	0.00755483	-4.91461	0.00000
PIB_TOTAL	0.00407568	0.0157473	0.258818	0.79578

REGRESSION DIAGNOSTICS

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY

RANDOM COEFFICIENTS

```

TEST      DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test      5      19.1126      0.00183

```

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE

SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : Nacion\_Municipios

```

TEST      DF      VALUE      PROB
Likelihood Ratio Test      1      11.7047      0.00062

```

Fuente: Datos Propios

En los resultados se advierte la presencia del término de rezago espacial (W\_DEA), el cual aparece como indicador adicional. Su coeficiente es positivo y es altamente significativo. Como resultado, el modelo general se ajusta mejor; esto es, mayores valores en coeficiente de determinación y verosimilitud logarítmica (Log likelihood).

La prueba Breusch-Pagan indica la presencia de heterocedasticidad, aún después de introducir el término rezago espacial. En la prueba de razón de verosimilitud el resultado es significativo por lo que se concluye que la introducción de rezago espacial mejora el modelo, pero sigue presentando problemas en la heterocedasticidad y dependencia espacial.



Así, se desarrolla modelo para error espacial. El siguiente cuadro 6.4, presenta los resultados.

Cuadro 6.4.- Información General de Regresión Error Espacial

SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION				
Data set	:	Nacion_Municipios		
Spatial Weight	:	Nacion_Municipios		
Dependent Variable	:	DEA	Number of Observations:	309
Mean dependent var	:	0.590696	Number of Variables	6
S.D. dependent var	:	0.181926	Degrees of Freedom	303
Lag coeff. (Lambda)	:	0.491797		
R-squared	:	0.672856	R-squared (BUSE)	-
Sq. Correlation	:	-	Log likelihood	245.052947
Sigma-square	:	0.0108276	Akaike info criterion	-478.106
S.E of regression	:	0.104056	Schwarz criterion	-455.706
-----				
Variable	Coefficient	Std.Error	z-value	Probability
-----				
CONSTANT	-2.04396	0.570335	-3.5838	0.00034
DENSIDADPO	0.00877927	0.00627803	1.39841	0.16199
GRADO_ESCO	-0.00624195	0.00298665	-2.08995	0.03662
MEDICOS	0.188371	0.0561807	3.35295	0.00080
PSYMAS_DOC	-0.0448543	0.00766954	-5.84837	0.00000
PIB_TOTAL	0.0477652	0.0155433	3.07304	0.00212
LAMBDA	0.491797	0.0458568	10.7246	0.00000
-----				
REGRESSION DIAGNOSTICS				
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY				
RANDOM COEFFICIENTS				
TEST		DF	VALUE	PROB
Breusch-Pagan test		5	22.1508	0.00049
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE				
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : Nacion_Municipios				
TEST		DF	VALUE	PROB
Likelihood Ratio Test		1	67.8776	0.00000

Fuente: Datos Propios

Al igual que los resultados de rezago espacial, se crea una variable nueva, LAMBDA. Esta tiene un efecto positivo y es significativa. Como resultado el modelo mejora su ajuste, se mejora el coeficiente de determinación y Log likelihood. Los diagnósticos de heterocedasticidad indican la presencia de ésta, así como de dependencia espacial.

### *6.5 Análisis y Discusión*

En esta sección se analizarán y discutirán los resultados obtenidos para los municipios de las ZMM; la parte espacial será de los resultados corregidos para heterocedasticidad y de la parte espacial serán de error espacial. Este estudio se efectuó para poder determinar cómo afectan una serie de variables; tales como: densidad poblacional, grado escolar, médicos, personas con 5 años y más con normal básica, técnica y doctorado, PIB, tipo de municipio y personas con seguridad social y al seguro popular, a la manera en la cual los municipios alcanzan un grado de eficiencia. El capítulo tres, describe la manera en la que se ha cuantificado la eficiencia en diversas metodologías y distintas variables que la componen, así como las relaciones que guardan variables explicativas con respecto a la variable eficiencia. Esto, serviría para posteriores criterios de política gubernamental que impacten en el nivel de eficiencia alcanzado por los municipios.

En la revisión de literatura se estableció diversos estudios que han integrado a la variable densidad poblacional. En estos estudios, se señaló que esta variable presenta una relación negativa, es decir presentan efectos adversos al dinamismo económico. Sin embargo, en los resultados obtenidos, se advierte a la densidad poblacional como significativa y con signo positivo; esto es, se patentiza que para el caso mexicano se tiene la presencia de economía de aglomeración.

Por su parte, las variables relativas al efecto “educación” en la eficiencia, resultaron significativas Grado Escolar, Población de 5 años y más con doctorado pero con son signo negativo. Esto es indicativo, del hecho que entre mayor nivel educativo de las personas residentes de un municipio, éstos no prestan atención en el quehacer de un municipio, es decir en la toma de decisiones de una comunidad, se tiene poca participación.

Una variable que llama la atención que no sea significativa y, además, presenta, signo negativo, es PIB municipal. La literatura señala la influencia de este, en el nivel de eficiencia que un municipio alcanza. Sin embargo, el caso Mexicano no refleja esto y más aún deprimiría este si se incrementase el PIB municipal. Esta relación, se atañe a cuestiones de centralismo fiscal, en donde no importa de sobremanera el nivel de actividad económica que alcance una región determinada si cuenta con recursos “garantizados”.

Por la parte espacial, se pensaría que el tipo de municipio que sea una localidad (Urbano grande, Urbano Mediano o Semi-Urbano) influiría en el grado de eficiencia de una municipalidad. Sin embargo, al igual que las variables PIB y referentes a educación no son significativas.

Los resultados no muestran una clara relación entre el tamaño de la municipalidad y la puntuación de eficiencia. Por su parte, la teoría señala que en comparación a ciudades grandes, las ciudades pequeñas tienden a presentar menor puntuación de eficiencia, esto se explica por factores como economías de escala y al exceso de gasto debido a ingresos por subvenciones (Sampaio y Stosic, 2005: 157).

Lo referente a cuestiones de salud presento resultados ambiguos por una parte el número de médicos por cada 1000 Habs. es significativo y presenta signo positivo. Las personas que cuenten con derecho a sistemas de salud no es significativo. Se hace patente la relación de a mayor grado de salud mayor grado de eficiencia que alcanza un municipio.

Por su parte, en el análisis espacial se señala a las variables grado escolar, médicos, personas con 5 años y más con doctorado y PIB como significativas, salvo la variable densidad poblacional, la cual no resulto significativa.

Sin embargo, se siguen presentando las relaciones encontradas en econometría clásica, donde el factor “educativo” (grado escolar y personas de 5 años y más con doctorado) tienen signo negativo con respecto a la eficiencia alcanzada por algún municipio.

El número de médicos por cada 1000 Habs. presenta, al igual que el anterior análisis de econometría clásica, un signo positivo. Así, entre mayor número de médicos o menor número de personas (manteniendo constante al número de profesionales de la salud) la eficiencia se incrementa.

## 6.6 Bibliografía

Cepeda, Rosana y Guillermo Velázquez (2005). “Análisis de asociación espacial en variables de calidad de vida en Tandil”. En García, María C. (Compiladora). *Ciudades Intermedia. Problemas de su estructura y funciones. Conflictos ambientales y sociales en los años 2000*. Tandil: CIG-REUN, 2005, pp. 53-59.

Poh Chin, Lai, Fun Mun So, and Ka Wing Chan (2009). Spatial epidemiological approaches in disease mapping and analysis. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC.

Sampaio de Sousa, Maria Da Conceicao y Borko Stosic (2005). “Technical Efficiency of the Brazilian Municipalities: Correcting NonParametric Frontier Measurements for Outliers”, *Journal of Productivity Analysis*, 24, pp. 157-181.

Tabachnick, Barbara G. and Linda S. Fidell (2013). Using Multivariate Statistics Sixth Edition. Pearson Education, Inc.

## CAPÍTULO VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### *7.1 Conclusiones Generales*

El objetivo de esta investigación es el de establecer una relación causal entre variables explicativas como densidad poblacional, grado escolar, médicos, personas con 5 años y más con normal básica, técnica y doctorado, PIB, tipo de municipio y personas con seguridad social y al seguro popular, a la manera en la cual los municipios alcanzan un grado de eficiencia. La importancia de este tipo de trabajos se refleja principalmente en el análisis de la optimización de los recursos económicos, humanos, materiales, con los que un municipio cuenta y su impacto posterior con el grado de desarrollo que alcanza esa misma localidad.

En el cuerpo de este trabajo de investigación, se justificó la cuantificación de la eficiencia municipal (Bronchi, 2003: 41), en base a los siguientes criterios:

- a) Se hace necesario la comparación entre unidades similares (Farrell, 1957)
- b) Si la medición revela ineficiencias entre las unidades bajo evaluación, un análisis mayor puede ser propicio para explicar esta. (Lovell, 1993; Kalirajan and Shand, 1999).
- c) Las conclusiones que arroje dicho estudio implicaría políticas que incidan en mejorar la eficiencia (Lovell, 1993).
- d) Dado que los ciudadanos tienen un “sentimiento” de que los recursos no siempre son usados de una manera eficiente, por lo que colaboraría en esto la aplicación de principios generales de rendición de cuentas (Moesen, 1994: 263)

Además, en este mismo trabajo de investigación, se condensaron un substancial número de recientes estudios, los cuales han analizado la eficiencia técnica de entes gubernamentales

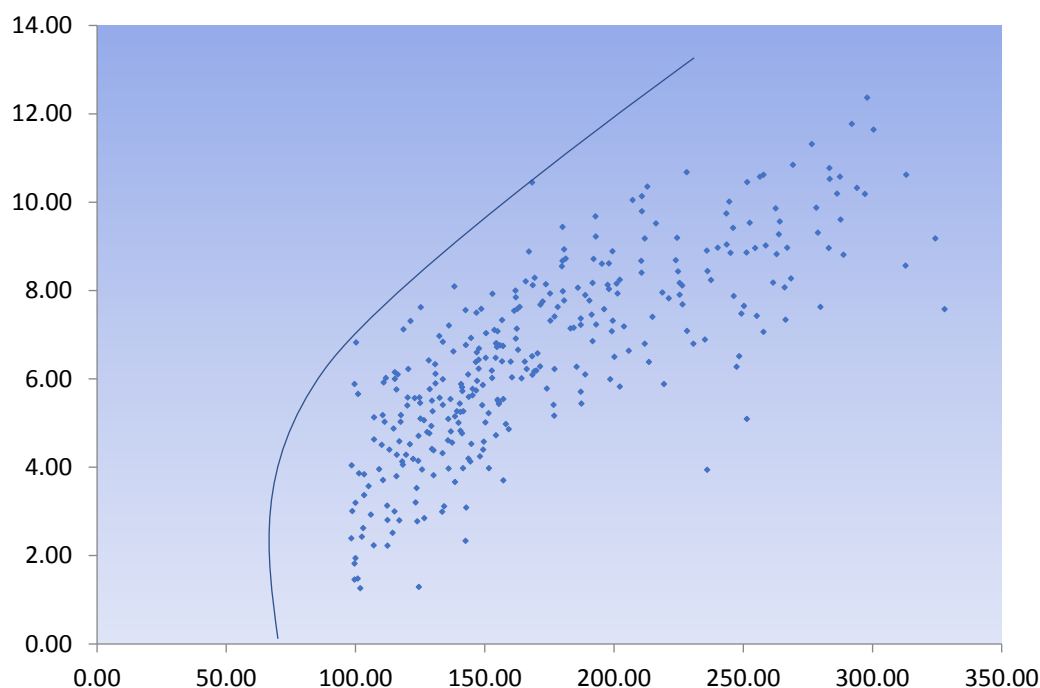
(Gobiernos estatales y gobiernos municipales) en la provisión de bienes públicos, para diversos países, incluyendo México.

También, en anteriores capítulos, se especificó que en la técnica DEA un grupo de posibilidades de producción es construido empíricamente por envolver los grupos de datos input y output, donde una función de transformación paramétrica *no* es asumida. La frontera eficiente de un grupo de posibilidades de producción posibilita la evaluación relativa de eficiencia. La puntuación de eficiencia distingue entre DMU's eficientes e ineficientes por establecer una DMU es localizada sobre la frontera eficiente o dentro del grupo de posibilidades de producción. Además, este indica cuál lejos una DMU se localiza de la frontera eficiente. La puntuación de eficiencia es directamente afectada por los input-output seleccionados. Así, deben estos ser seleccionados apropiadamente. (Morita y Avkiran, 2008: 163-164).

A la luz de los hallazgos encontrados resalta en una primera instancia lo relativo al índice de eficiencia. En los anteriores capítulos, se describe la parte técnica, desde su concepción hasta su cuantificación, además se establece tabla de cuantificación de dicho índice para cada uno de los 345 municipios analizados.

Se establece que existe un subejercicio en la utilización de los insumos. El análisis DEA utilizado, se emplea con orientación a los insumos. Esto es, se pretende medir grado de eficiencia en la aplicación de los recursos existentes, por lo que existe evidencia empírica de una incorrecta aplicación de dichos recursos. La siguiente gráfica 7.1, establece lo anterior.

Gráfica 7.1.- Índice de Eficiencia



Fuente: Datos Propios

De Borger, Kerstens, Moesen y J. Vanneste (1994: 351), señalan que esta ineficiencia en los insumos puede ser a pobres ajustes del tamaño de la municipalidad en la provisión de servicios públicos municipales; se inhiben economía a escala en el proceso de producción. Estos mismos autores, establecen que otra fuente del grado de eficiencia que se presenta es concerniente a la teoría de derechos de propiedad y a la teoría de organización industrial (modelos de Agente-Principal), en las cuales se sugiere que los políticos y administradores no persiguen metas de la organización debido a un inexistente establecimiento de incentivos y a un débil marco legal en donde los costos de inapropiadas conductas no son mayores a los beneficios potenciales de dichas conductas y, por lo general, los castigos son débiles. Por su



parte, Hamilton (1982: 348-349) establece que dicha ineficiencia es alcanzada por el efecto “Flypaper”<sup>17</sup>.

Berger y Humphrey (1992: 262-263) señalan para reducir el grado de ineficiencia de éstas unidades municipales se debe de incentivar la desregulación de actividades propias. En donde la provisión de bienes y servicios públicos pasen a entes privadas, sin que la autoridad municipal pierda influencia en la toma de decisiones. Además, establecen que una mayor competencia entre partidos políticos redundará en beneficios a largo plazo para la población. En este último punto coinciden Cárdenas y Ávila (2012: 111-112), Jin (2007: 1), Marlow (1988: 9-10), Sampaio de Sousa y Stosic (2005: 158-159), Parajuli y Haynes (2012: 590) éstos argumentan que existe una relación inversa entre competencia política e ineficiencia, dado que cuando la competencia es baja, el Estado ejerce su poder monopólico para proveer menos bienes y servicios.

El modelo econométrico estimado corregido para heterocedasticidad arroja cuatro variables continuas significativas. De estas, dos presentan signo positivo y las restantes dos variables cuentan con signo negativo. Un cambio en el grado de eficiencia municipal, al cambiar alguna de estas variables, dependerá de la variable que presenta un movimiento y en la magnitud de dicho cambio.

Se probó la hipótesis de que a mayores satisfactores mayor grado de eficiencia, lo cual resulto significativo para Médicos por cada 1000 habitantes. Sin embargo, se esperaba que el grado escolar promedio de los habitantes de un municipio, así como el número de

---

<sup>17</sup> El efecto “flypaper” se presenta cuando un peso de ingresos exógenos (por ejemplo, subsidios federales, participaciones federales, entre otros), conduce a incrementos significativos en el gasto público comparado a un peso proveniente de ingresos endógenos (impuesto predial, aprovechamientos, entre otros).

personas con 5 años y más con doctorado presentaran significancia estadística con coeficiente positivo. Sin embargo, el signo de sus coeficientes de estas dos variables es contrario a lo que se esperaba; presentan signo negativo. Esto, puede explicado por medio de la Teoría de Capital Humano presentada por Gary Becker (1964). Esta teoría demuestra la existencia de una alta correlación entre el grado escolar de las personas y las percepciones percibidas (niveles salariales), esto debido a que se ha argumentado que un mayor ingreso per cápita desincentiva el monitoreo eficiente del gasto debido a los elevados costos de oportunidad que el monitoreo implica. (De Borger y Kerstens, 1996: 162, Vanden Eeckaut, Philippe, Henry Tulkens, and Marie-Astrid Jamar; 1993: 306).

Por su parte, se prueba la hipótesis de que la eficiencia se relaciona inversamente al grado de densidad poblacional por kilómetro cuadrado que un municipio presenta. La relación que se obtuvo fue positiva y estadísticamente significativa. De Borger *et al* (1996: 163), Sampaio de Sousa *et al* (2003: 165-166), Balaguer-Coll, Prior-Jiménez y Tortosa-Ausina (2004: 15) y Loikkanen y Susiluoto (2006: 14) han mostrado que una menor cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado puede incrementar el costo medio de la provisión de bienes y servicios, por lo que una municipalidad podría ser más eficiente si su densidad poblacional local fuese mayor; como lo deja entrever los resultados obtenidos.

De igual manera, para la regresión espacial se toma la regresión de tipo error espacial. Para esta regresión, cuatro variables resultaron significativas. Al igual que el análisis de regresión clásica, de estas cuatro variables con significancia estadística, presentan signos contrastantes entre sí. Esto es, las variables referentes a la educación (grado escolar y personas con 5 años y más con doctorado) presentan signo negativo, así un incremento de

estas tiende a reducir el grado de eficiencia que un municipio alcanza. La explicación de este signo, se desarrolló en anteriores párrafos.

Por otra parte, las variables Médicos por cada 1000 Habs. y PIB municipal, además de resultar significativas, presentan signo positivo. Por lo que un aumento de estas variables, ocasiona un incremento en el grado de eficiencia que una localidad alcanza. En anteriores párrafos, se explicó lo relativo a la variable Médicos por cada 1000 Habs. Por su parte, para el PIB municipal, se prueba la hipótesis de que a mayor actividad económica municipal (medida por el PIB) mayor grado de eficiencia alcanzada, resultando significativa y positivamente relacionado al nivel de eficiencia.

## *7.2 Recomendaciones*

Desafortunadamente, el proceso de metropolización que vive el país no ha estado acompañado de un marco normativo apropiado que permita el diseño y aplicación de instrumentos de planeación metropolitana eficientes. Las reformas de 1983 y 1999 al Artículo 115 Constitucional fortalecieron las facultades municipales para la creación de reservas municipales, el control y la planeación del desarrollo urbano; además de facultarlos para asociarse a fin de lograr una más eficiente prestación de los servicios públicos. Los municipios metropolitanos, junto con los urbanos, son quienes más se beneficiaron de estas reformas al fortalecer sus finanzas municipales y mejorar la gestión pública. Sin embargo, las autoridades municipales no parecen haber tomado en cuenta la facultad de asociarse, de tal manera que hoy en día, el asociamiento intermunicipal es una práctica poco frecuente en las ZM.

La planeación, coordinación y administración metropolitana son instrumentos clave no sólo para incidir positivamente en el patrón de organización espacial, en el ordenamiento del territorio y en la sustentabilidad de estos centros difusores del desarrollo, sino para hacer de las zonas metropolitanas, ciudades económicamente competitivas.

Intrínsecamente, la gestión de las ZM implica la concurrencia de dos o más gobiernos municipales, y en ocasiones gobiernos estatales, con sus respectivas autoridades. Sin embargo, la falta de acuerdos, las diferencias en la normatividad urbana, las disposiciones administrativas contrapuestas y la ausencia de mecanismos eficaces de coordinación intersectorial e intergubernamental, representan serios obstáculos para el adecuado funcionamiento y desarrollo de las metrópolis, particularmente en lo que se refiere a la planeación y regulación de su crecimiento físico, la provisión de servicios públicos y el cuidado ambiental.

Esta situación plantea nuevos retos en materia de definición de competencias y de coordinación entre los tres órdenes de gobierno, que posibiliten la planeación y administración integral del territorio, la gestión eficiente de los servicios públicos y el ejercicio pleno de los derechos de sus ciudadanos, elementos indispensables para la gobernabilidad y el desarrollo sustentable de las zonas metropolitanas del país (Sedesol: 2007: 7).

La literatura revisada ha demostrado que existe una relación directa entre el desarrollo de mecanismos de gobernanza metropolitana y la competitividad económica. En este sentido, al fungir como centros de actividad económica y de prestación de servicios a nivel regional, las ZM representan una gran oportunidad para propagar el desarrollo económico y social,

siempre y cuando pongan en práctica mecanismos de coordinación intermunicipal, la creación de consejos metropolitanos para el desarrollo económico y la competitividad.

La agenda reglamentaria e intergubernamental en materia de coordinación metropolitana es larga y ofrece oportunidades para construir una política coherente de desarrollo de las ZM. Estas oportunidades van desde el ejercicio de las facultades con las que cuentan actualmente los municipios, hasta reformas a las Leyes General de Asentamientos Humanos, de Planeación y de Coordinación Fiscal, para el financiamiento municipal y de obras metropolitanas. Adicionalmente, la cada vez mayor práctica de transparencia gubernamental ha incrementado la presión pública sobre el uso más eficiente de los recursos.

Sin embargo, a pesar de presentar un potencial de expansión económica e incrementar la calidad de vida de su población, las áreas metropolitanas encaran retos tales como la creación de empleos y las condiciones para la acumulación de capital. Aunado a esto, la mayoría de los factores de producción parecen ser dominados por unos pocos centros urbanos, así otros centros urbanos mantienen una maquinaria obsoletas y mano de obra menos calificada lo cual se traduce en distribución heterogénea de productividad y eficiencia. Consecuentemente, no es únicamente la necesidad de competitividad y eficiencia de las metrópolis, sino también el reto de extender los beneficios del desarrollo para todos los habitantes (Trejo, 2012: 4).

Un significativo problema al que se enfrentan los gobiernos de distinto orden (nacional, estatal o municipal) es como distribuir los escasos recursos de que disponen para proveer servicios públicos de la manera más eficiente posible. La elección del grado de descentralización en la provisión de los servicios públicos representa una crítica acción.

Actualmente, parece haber un amplio consenso que tal descentralización presenta ventajas para la implementación y distribución de servicios públicos (Sampaio y Stosic, 2005: 158).

Varias razones son dadas por el cual los gobiernos locales deberían tener una ventaja en descentralizar servicios. Primero, la proximidad de los usuarios podría contribuir las prioridades de la comunidad. Segundo, la descentralización de recursos, por simplificar los canales burocráticos reduce la corrupción e ineficiencia. Finalmente, los requerimientos de la capacidad de la administración son bajos, lo cual es esencial para el buen desempeño de los proyectos de pequeños y medianos municipios. Sin embargo, la descentralización del gasto público no garantiza, *per se*, una provisión satisfactoria de los correspondientes servicios. Es también, necesario asegurar que los fondos públicos son usados en la mejor manera por las municipalidades. Por lo tanto, es imperativo establecer criterios de eficiencia que podrían ser usados para evaluar como los recursos públicos han sido empleados por los gobiernos locales (Sampaio y Stosic, 2005: 158).

Las políticas de descentralización se han enfocado en llevar las decisiones de un gobierno central a un gobierno municipal. Este conjunto de acciones, se fundamentan en que esta descentralización incentiva una mayor participación de gobiernos municipales, lo cual resulta en una mayor provisión a los ciudadanos (Afonso and Fernandes, 2006: 40).

Así, los municipios deben de proveer desarrollo social y económico, organización territorial y ofrecer servicios públicos (servicios de agua, drenaje, transporte, vivienda, salud, educación, cultura, deportivas, medioambientales, etc.). Esto es, particularmente verdadero, con el fin de establecer una adecuada relación entre la decisión de incrementar gastos y la responsabilidad de elevar los ingresos (en particular a través de impuestos) Bronchi (2003: 20).

### 7.3 Bibliografía

Afonso, António and Sónia Fernandes (2006). “Measuring Local Government Spending Efficiency: Evidence for the Lisbon Region”. *Regional Studies*, Vol. 40.1, pp. 39-53, February 2006.

Balaguer-Coll, María Teresa, Diego Prior-Jiménez, and Emili Tortosa-Ausina (2004). On the Determinants of Local Government Performance: A Two Stage NonParametric Approach. *Working Paper, Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas, S.A.* Primera Edición Enero 2004, Depósito Legal V-516-2004.

Becker, Gary (1964) “Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education”, primera edición, Nueva York, *National Bureau of Economic Research*

Berger, Allen N. and David B. Humphrey (1992). Measurement and Efficiency Issues in Commercial Banking. En Zvi Griliches Ed. *Output Measurement in the Service Sectors*, University of Chicago Press. Capítulo 7, pp. 245-300.

Bronchi, Chiara (2003). *The Effectiveness of Public Expenditures in Portugal*. Organization for Economic Co-operation and Development. Economic Department Working Papers No. 349, pp. 1-46. ECO/WKP (2003)3 6-Feb-2003.

Cárdenas Rodríguez, Oscar Javier y Jorge Alberto Ávila Abud (2012). “El impacto de las transferencias condicionadas en la eficiencia técnica de las entidades federativas”. *Finanzas Públicas, Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP) Congreso de la Unión*, Volumen 4, Número 8. México 2012. ISSN: 2007-154X.

De Borger, B., K. Kerstens, W. Moesen, and J. Vanneste (1994). “Explaining differences in productive efficiency: An application to Belgian municipalities”. *Public Choice* 80: 339-358, 1994.

De Borger, Bruno and Kristiaan Kerstens (1996). “Cost efficiency of Belgian local governments: A comparative analysis of FDH, DEA, and econometric approaches”. *Regional Science and Urban Economics* 26 (1996). 145-170.

Farrell, M. J. (1957). “The Measurement of Productivity Efficiency”. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol. 120, No. 3, (1957), pp. 253-290.

Hamilton, Bruce W. (1982). “The Flypaper Effect and Other Anomalies”. *Journal of Public Economics* 22, (1983), 347-361. North-Holland.



Jin Lim, Dong (2007). *A Comparative Study of Performance Measurement in Korean Local Governments Using Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis*. Tesis Doctoral Published, Faculty of the Graduate School of The University of Texas at Arlington. December, 2007.

Kalirajan, K.P. and R.T. Shand (1999). Frontier Production Functions and Technical Efficiency Measures. *Journal of Economic Surveys*. Volume 13, Issue 2, April 1999, pp. 149-172.

Loikkanen, Heikki and Ilkka Susiluoto (2006). "Cost Efficiency of Finnish Municipalities in Basic Service Provision 1994-2002". *Helsinki Center of Economic Research (HECER)*, Discussion Paper No. 96, February 2006. ISSN 1795-0562.

Lovell, C.A. Knox (1993). Production Frontiers and Productive Efficiency. En Fried, Harrold O., C.A. Knox Lovell and Shelton S. Schmidt (editors). *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press, New York, 3-67.

Moesen, Wim A. (1994). "The need for performance auditing in the public sector and the best-practice frontier". *European Journal of Law and Economics* 1, 263-274.

Morita, Hiroshi and Necmi K. Avkiran (2008). Selecting Inputs and Outputs in Data Envelopment Analysis by Designing Statistical Experiments. *Journal of the Operations Research, Society of Japan*, 2009, Vol. 52, No. 2, 163-173.

Parajuli, Jitendra and Kingsley E. Haynes (2012). “Patterns of Broadband Efficiency in the U.S.” *Growth and Change A Journal of Urban and Regional Policy*, Vol. 43, Issue 4, pp. 590-614, December 2012.

Sampaio de Sousa, Maria Da Conceicao y Borko Stosic (2005). “Technical Efficiency of the Brazilian Municipalities: Correcting NonParametric Frontier Measurements for Outliers”, *Journal of Productivity Analysis*, 24, pp. 157-181.

SEDESOL, INEGI y CONAPO (2007). *Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México 2005*. Primera Edición Noviembre 2007. México, D.F.

Trejo Nieto, Alejandra (2012). “Economic Efficiency of the Mexican Metropolitan Regions Between 1998 and 2008”. *ESRA conference papers*, ersa12p974, European Regional Science Association 21-25<sup>th</sup> August, 2012. Bratislava, Slovakia.

Vanden Eeckaut, Philippe, Henry Tulkens, and Marie-Astrid Jamar (1993). “Cost Efficiency in Belgian Municipalities”, en: Harold O. Fried, C.A. Knox Lovell, and Shelton S. Schmidt

(eds), *The Measurement of Productive Efficiency Techniques and Applications*. New York, Oxford University Press, 300-334.